

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
KONETEKNIIKAN OSASTO
HITSAUSTEKNIIKAN JA LASERTYÖSTÖN
LABORATORIO



Tuotannon ohjattavuuden kehittäminen asiakasohjautuvassa tuotannossa

Työn tarkastajat: Prof. TkT Jukka Martikainen
FL Heikki Salkinoja

Työn ohjaaja: Pekka Kuronen

Lappeenrannassa 13.11.2007

Tuomas Purtonen
Korpimetsänkatu 5 C 16
53850 Lappeenranta
050-5351560

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Konetekniikan osasto

Tuomas Purtonen

Tuotannon ohjattavuuden kehittäminen asiakasohjautuvassa tuotannossa 2007

113 sivua, 31 kuvaa, 11 taulukkoa ja 9 liitettä

Tarkastajat: Jukka Martikainen, professori, TkT

Heikki Salkinoja, tutkija, FL

Hakusanat: Tuotannonohjaus, Tuotannon ohjattavuus, tuotannonohjausjärjestelmät, Hitsaavan tuotannon kehitys, Modulointi.

Keywords: Production Control, Production Controllability, Operations Management systems, Improvements in Welding Production, Modulation.

Työssä selvitettiin tuotannon ohjattavuuden parantamisen mahdollisuuksia keskisuuressa yrityksessä. Työn pyrkimyksenä on laatia pohja täysipainoisen tuotannonohjausjärjestelmän kehittämiseksi.

Työn teoriaosassa käsitellään tuotannon, tuottavuuden ja tuotannonohjauksen peruskäsitteitä. Lisäksi selvitetään hitsaavan tuotannon kehittämisen keinoja sekä yleisiä hitsaukseen liittyviä käsitteitä. Näiden ohella teoriaosuudessa kerrotaan hieman työn käytännön osaa sivuavista aiheista kuten investointilaskelmista. Käytännön osa jakautuu nykytilan selvittämiseen ja kehityskohteiden laatimiseen. Nykytilaa selvitettiin omilla havainnoilla, haastatteluilla sekä tilaus-toimitus-ketjun tarkasteluilla. Kehittämisen keinoja olivat pääasiassa yrityksen laatutoimintaan liittyvät asiat kuten dokumentointi kaikilla osa-alueilla. Yksittäisiä tuotannon tehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat mm. robottihitsauksen kiinnittimien kehitystoimenpiteet, tuotteiden modulointi ja laserleikkauksen monipuolisempi hyväksikäyttö.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology

Department of Mechanical Engineering

Tuomas Purtonen

The Improvement of Production Controllability in Customer Oriented Production

Master's thesis

2007

113 pages, 31 figures, 11 tables and 9 appendices

Examiners: Jukka Martikainen, Professor, D.Sc.

Heikki Salkinoja, Researcher, Lic.Sc.

Keywords: Production Control, Production Controllability, Operations Management systems, Improvements in Welding Production, Modulation.

The aim of this work was to find out the means for creating better controllability for the production in a medium size enterprise. The main goal was to compile a baseline for the creation of an operations management system.

The theory section of this thesis consists from basic concepts of production, productivity and production control. Also some methods for increasing productivity in welding production are being explained. In addition there are few things cleared which are mentioned in the empirical section, for example investment calculation. The empirical section is divided in the present condition clarifying and the creation of improvement methods. The present condition clarifying was done by own observations, interviews and by observing the order-delivery chain. The main development methods were concerned in the quality thinking of the enterprise and especially in different kinds of documentation. Few considered ways to increase the productivity were improvement of the robot welding fixture, modular product design and more efficient ways to utilize laser cutting.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty OC-System Oy:lle Joroisiin. Haluan kiittää Pekka Kurosta ja Jukka Martikaista työn ohjauksesta ja kannustamisesta työn edetessä.

Lisäksi osoitan kiitokset vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet opintojani niiden edetessä. Lopuksi haluan kiittää myös OC-System Oy:n toimitusjohtajaa, Pauli Räisästä, joka mahdollisti tämän diplomityön toteutumisen.

LYHENTEET

<i>2D</i>	2-Dimensional, suom. kaksiulotteinen
<i>3D</i>	3-Dimensional, suom. kolmiulotteinen
<i>EN</i>	European Norm, suom. eurooppalainen standardi
<i>ERP</i>	Enterprise Resource Management, Toiminnanohjausjärjestelmä
<i>IMVP</i>	International Motor Vehicle Program
<i>ISO</i>	International Organization for Standardization, suom. kansainvälinen standardisoimisjärjestö
<i>JIT</i>	Just In Time, ks. JOT
<i>JOT</i>	Juuri oikeaan tarpeeseen
<i>KET</i>	Keskeneräinen tuotanto, keskeneräinen työ
<i>MAG</i>	Metal Active Gas, suom. metallikaasukaarihitsaus aktiivisella kaasulla
<i>MIG</i>	Metal Inert Gas, suom. metallikaasukaarihitsaus inertillä kaasulla
<i>MPS</i>	Master Production Schedule, suom. tuotantosuunnitelma
<i>MRP</i>	Materials Resource Planning, suom. materiaalitarkesuunnittelu
<i>OC-10</i>	OC-System Oy:n valmistama tilaelementtityyppi
<i>OPT</i>	Optimized Production Technology. Tunnetaan nykyään paremmin kapeikko-ohjauksena.
<i>OKA</i>	Omakustannusarvo
<i>PDM</i>	Product Data Management, suom. tuotetiedon hallinta
<i>SFS</i>	Suomen Standardisoimisliitto
<i>SWOT</i>	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, suom. Vahvuudet, Heikkoudet, Mahdollisuudet, Uhat
<i>TOC</i>	Theory of Constraints, suom. kapeikko-ohjaus
<i>TQM</i>	Total Quality Management, suom. laadunhallinta

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

LYHENTEET

1.	Johdanto	1
1.1	Työn lähtökohdat, tavoitteet ja rajaus	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	2
2.	Yritysesittely.....	4
3.	Tuotannon kehittämisen keinot	6
3.1	Tuottavuuden ja tuotannon mittarit	6
3.2	Tuotantojärjestelmät ja -muodot	9
3.3	Layout.....	11
3.4	Alihankinta	14
3.5	Tuotannon ohjattavuus	16
3.6	Tuotannosuunnittelu	17
3.7	Tuotteen kehittäminen vakioinnilla.....	19
3.8	Laatukäsite, -järjestelmä ja -kustannukset.....	22
4.	Tuotannonohjausjärjestelmät ja -ajattelutavat.....	26
4.1	Tuotannonohjausjärjestelmien historia	28
4.2	Tarvelaskenta eli MRP.....	28
4.3	JIT-tuotantomalli	30
4.4	Lean-toiminta	31
4.5	Benchmarking.....	32
4.6	Kapeikkoajattelu	33
4.7	Six Sigma	36
4.8	Tuotannonohjauksen suunnittelu	37
5.	Tuotantotieto- ja toiminnanohjausjärjestelmät.....	38

6.	Tuottavuuden kehitys kaarihitsauksessa	39
6.1	Hitsaustuotannon tuottavuuden tunnusluvut.....	39
6.2	Hitsattavan rakenteen suunnittelu	41
6.3	Hitsausasennon vaikutus tuottavuuteen	43
6.4	Hitsauskustannukset.....	45
6.5	Tunkeuman hyväksikäyttö pienahitsauksessa	47
6.6	Hitsausmuodonmuutokset	48
6.7	Hitsauskiinnittimet.....	49
6.8	Robotilla hitsattavan tuotteen suunnittelu	50
6.9	Robottihitsauksen tehostaminen.....	51
7.	Putkien päittäisliitoksiin soveltuvat vastushitsausmenetelmät.....	54
8.	Takaisinmaksuajan investointilaskentamenetelmä	56
9.	Yrityksen nykytilan kuvaus.....	57
9.1	OC-System Oy:n tuotevalikoima.....	57
9.1.1	Verkkotuotteet	57
9.1.2	Tilatuotteet.....	59
9.2	Tuotantotyyppi ja yleiskuvaus tuotannosta	60
9.3	Tuotannon osien kuvaus ja kuormitusaste.....	63
9.3.1	Hitsausrobotti	64
9.3.2	OC-10 Linjasto.....	65
9.4	Tuotannossa ilmenneitä ongelmia	65
9.5	Laadunhallinta	66
9.6	Alihankinta	67
9.7	Tilaus-toimitus-ketjun läpimenon tarkastelu esimerkkitilauksin	68
9.7.1	Verkkotilaus	69
9.7.2	OC-10 tilaus	70
9.7.3	Reaaliaikainen verkkotilauksen seuranta	72
9.8	Hitsaustyön kaariaikasuhteet.....	73
9.9	Tuotannonohjattavuuden ja -ohjauksen nykytila.....	75
9.10	Suunnitteluun liittyvät ongelmat	76
9.11	Yhteenveto nykytilasta.....	78

10.	Kehitysnäkökohtia	80
10.1	Dokumentoinnin parantaminen	80
10.1.1	Sopimuskatselmus	81
10.1.2	Dokumentointi suunnittelutyössä	82
10.1.3	Työohjeistukset.....	83
10.1.4	Ongelmien kirjaus, tiedonkeruu ja poikkeustilojen hallinta.....	84
10.2	Tuotannon tehokkuuden ja ohjattavuuden parantaminen	86
10.2.1	Koneiden käyttöasteiden parantaminen	86
10.2.2	Maalauslinjaston kapasiteetin nostaminen	86
10.2.3	Käsinhitsauksen tuottavuuden parantaminen.....	87
10.2.4	Materiaalijäämän eliminoiminen	87
10.2.5	Alihankintojen lisäys	89
10.2.6	Tuotantotilojen järjestys.....	90
10.2.7	Työntekijöiden motivointi, työergonomia ja -ajat.....	90
10.3	Tuotteen kehitys	92
10.4	Benchmarking.....	95
10.5	Tuotannonohjauksen vaatimukset ja strategia.....	96
10.6	Varastot ja niiden hallinta.....	97
11.	CASE: Hitsausrobotin tuottavuuden kehitys.....	98
12.	Kehityskohteiden toteutus	106
13.	Tulokset ja niiden arviointi	108
14.	Johtopäätökset.....	110
15.	Jatkokehitys	111
16.	Yhteenveto	112

Lähteet

Liitteet

1. Johdanto

Tuotannonhallinta, -seuranta ja -ohjaus ovat peruseriaatteita toimivan yrityksen kannalta. Ilman ajan tasalla olevia tietoja tuotannon tilasta on mahdotonta kyetä hallitsemaan sitä tehokkaasti ja taloudellisesti. Jotta tuotanto toimisi halutulla tavalla, tulee tiedonkulku organisaation eri osien välillä olla esteetöntä ja tieto valmistuksen vaiheiden etenemisestä pitää olla kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla. Pienyrityksissä ei tarvita mitään monimutkaisempia järjestelmiä tällaisten toimintojen toteutukseen, vaan usein selvittää hyvin helpoilla keinoilla. Suuremmissa yrityksissä hallinnalta vaaditaan paljon enemmän. Yksi keino edellä kerrottuihin tavoitteisiin pääsemiseen on toimivan tuotannonohjaus- ja seurantajärjestelmän kehitys.

Tämä työ on osa suurempaa kehitysprojektia, Tuotantoprosessin seurannan tehostaminen ja tuotannonohjauksen kehitys OC-System Oy:ssä. Projektin tavoitteina on saada aikaiseksi selkeä tuotannonohjaus ja -seurantajärjestelmä, sekä yhteinen toimintatapa koko organisaatioon. Toisina tavoitteina on selvittää alihankinnan mahdollisuuksia ja laatia suunnittelulle ja valmistukselle selkeä ohjeistus.

1.1 Työn lähtökohdat, tavoitteet ja rajaus

OC-System Oy:n tuotanto on kasvanut tasaiseen tahtiin viime vuosina. Toimitusten lisääntyessä on tullut esiin ongelmia yrityksen sisäisessä tiedonkulussa ja tuotannon toimivuudessa. Ongelmat ovat ilmenneet toimitusaikojen epävarmuutena ja reklamaatioina.

Tämän työn tavoitteena on pyrkiä kehittämään tuotannon ja muun organisaation välistä tiedonkulkua, ja paikallistamaan tuotannon mahdolliset ongelmakohdat sekä mahdollisuuksien mukaan löytää niihin ratkaisuja. Työn tärkeimpänä tavoitteena on kuitenkin selkeyttää koko organisaation toimintaa, ja siten poistaa

tiedonkulusta aiheutuvia ongelmia. Tuotannon ohjattavuuden kehittäminen on yksi työn keskeisimmistä asioista. Ohjattavuudella käsitetään tuotannon kykyä toteuttaa sille annetut tulostavoitteet. Se vaatii tuotannolta johdonmukaista, tehokasta ja laadukasta toimintaa. Hyvä ohjattavuus näkyy lyhyinä läpimenoaikoina ja korkeana laatuna. Työssä pyritään tehostamaan tuotannon ongelmallisimpien osa-alueitten toimintaa, joka omalta osaltaan parantaa ohjattavuutta.

Tuotannon ohjattavuuden yhtenä kehityskeinona on ohjeistusten tekeminen sekä tuotannolle että suunnittelulle, ja toimintatapojen laadinta myös muille organisaation osa-alueille. Tämän työn puitteissa ei pyritä aikaansaamaan tarkkoja ja tapauskohtaisia ohjeistuksia, vaan tavoitteena on löytää keinot ohjeistusten laadintaan. Työohjeistusten laadinta on tärkeä osa yrityksen laatutoimintaa. Työssä ei päästä käsiksi lopullisen tuotannonohjausjärjestelmän aikaansaantiin, mutta pyritään aikaansaamaan puitteet toimivan ohjauksen kehittämiseksi.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Saatu aineisto pohjautuu omien havaintojen lisäksi organisaation eri osien henkilöstön haastatteluihin. Haastateltavia henkilöitä olivat sekä suunnittelu-, myynti- ja tuotantohenkilöstön työntekijät. Haastattelutietojen perusteella on muodostettu yhteinen kuva organisaation tämänhetkisestä tilasta. Henkilöstön ajatuksien ja omien havaintojen avulla on haettu sopivia kehityskohteita sekä tuotannon että koko organisaation toiminnasta.

Tuotannon sekä tuotannonohjauksen kehityskohteita voidaan arvioida niin sanotun ohjattavuusanalyysin avulla. Tämä on yksi keino, jolla pyritään kvantitatiivisen analyysin avulla löytämään tehokkaimmat kehityskohteet organisaation sisällä. Ohjattavuusanalyysiä ei kyetty kuitenkaan toteuttamaan aivan täysipainoisesti, sillä tarvittavia tunnuslukutietoja ei ollut riittävästi

saatavilla. Tämän takia ohjattavuusanalyysin toteuttamisesta poimittiin tiettyjä keinoja helpottamaan yrityksen nykytilan selvittämistä.

Tuotannon ohjattavuuden kehittäminen vaatii paljon aikaa, ja se on tavallaan jatkuva, pitkäaikainen prosessi. Yksittäisten osa-alueiden parantaminen ei välttämättä tuo mitään lisäarvoa tuotannon ohjattavuudelle, etenkin jos osa-alueen merkitys kokonaisuudelle on hyvin pieni. Tuotannon ohjattavuuden parantamiseen sisällytetään tiettyjä tuotannon tehokkuutta lisääviä toimenpiteitä sekä yleisen laatutoiminnan tehostamista.

2. Yritysesittely

OC-System Oy on vuonna 1992 perustettu Joroisten kunnassa toimiva yritys. Se valmistaa teollisuuden käyttöön erilaisia verkko-, tila- ja äänieristyslementtejä. Tuotteet ovat suureksi osaksi asiakaskohtaisia yhtenäisiä kokonaisuuksia, kuten valvomoita ja taukotiloja, mutta myös vakioidut tuotteet kuuluvat valikoimaan. Tilaukset toimitetaan yleensä asennettuna kokonaisuuksina. Yrityksen kasvutavoitteena on liikevaihdon noin 25 %:n vuosittainen kasvu vuoden 2006 alussa laaditun strategiasuunnitelman mukaisesti.

Työntekijät

Työntekijöitä oli alussa vuonna 1992 4–5, nykyään noin 40 henkilöä. Henkilöstön voi jakaa osiin oheisella tavalla:

Myynti:	- 2 henkilöä, joista toinen yrityksen toimitusjohtaja
Suunnittelu:	- 4 henkilöä, suunnittelupäällikkö ja 3 suunnittelijaa
Muotoilija:	- Teollinen muotoilija osa-aikaisessa toimessa
Tuotanto:	- Tuotantokoordinaattori ja noin 30 tuotantotyöntekijää
Muu henkilöstö:	- Toimitushenkilöstö, tiedottaja, varastohallinta yms.

Tuotteet

Yrityksen tuotevalikoima jakautuu kahtia, eli noin puolet tuotannosta koostuu verkko- ja puolet tilatuotteista. Verkkotuotteita ovat erilaiset koneiden suoja-aidat, ja niihin liittyvät järjestelmät. Verkkotuotteet rakentuvat verkkoaitaelementeistä, niiden kiinnitysosista sekä erilaisista ovista, tukirakenteista ym. oheisrakenteista. Tilatuotteita ovat tila- ja äänieristyslementit ja niihin liittyvät rakenteet kuten elementtitilojen rungot. Tilaelementtejä on sekä ulko- että sisäkäyttöön tarkoitettuja ja niiden yleisimpiä käyttökohteita ovat erilaiset toimisto-, kokous- ja valvomotilat. /1; 2; 3/

Tilaukset ovat pääasiassa asiakasohjautuvia tuotteita ja rakenteita, ja asiakaslähtöisyys onkin yksi yrityksen myyntivaltti. Yrityksen toimintaan kuuluu myös tuotteiden toimitus ja asennus asiakkaan tiloihin. Tällä varmistetaan tuotteiden oikea kokoonpano, ja samalla taataan asiakastyytyväisyys.

Laatutoiminta

Yritys noudattaa toiminnoissaan vuonna 1996 ISO 9001-standardien pohjalta laadittua laatukäsikirjaa. Vuonna 2001 on laadittu ympäristöstandardin 14001 mukainen järjestelmä, joka auttaa yritystä suoriutumaan siltä vaadituista ympäristönäkökohdista.

3. Tuotannon kehittämisen keinot

3.1 Tuottavuuden ja tuotannon mittarit

Kun mitä tahansa tapahtumaa tarkastellaan tieteellisin keinoin, on oleellista saada jotain numeerista tai muulla tapaa helposti vertailtavissa olevaa tietoa tapahtumasta. Tuotannon ohjattavuuden taustalla on usein tuotannon oman toiminnan tehokkuus – tuottavuus.

Tuottavuutta kuvaavia tunnuslukuja: /4, s. 343–344/

- Myyntimäärä
- Myyntikate
- Valmistuksen määrät
- Toimitusaika
- Myöhästymiset
- Toimitusvarmuus [%]
- Läpäisy aika
- Reklamaatiot
- Virheellisten tuotteiden määrä.

Monille teollisuuden eri aloille on yllä olevien tunnuslukujen lisäksi myös muita tuotannon tehokkuutta kuvaavia hyvin tapauskohtaisia tunnuslukuja. Konepajateollisuudessa yksittäisten tuotantokoneiden tehokkuutta kuvataan usein esimerkiksi käyttösuhteella. Hitsaavan teollisuuden, johon myös kohdeyritys joiltakin osin kuuluu, tunnuslukuista on kerrottu tarkemmin luvussa 6.1.

Läpäisy aika

Läpäisy aika on tuotantojärjestelmän tehokkuuden tunnetuin mittari. /5, s. 53/ Läpäisyajalla tarkoitetaan tavallisesti tuotannon kokonaisläpäisy aikaa tai valmistusaikaa. Kokonaisläpäisy aika on tilauksen teosta toimitukseen kuluva aika, ja valmistusaika on valmistuksen aloittamisesta sen loppumiseen kuluva aika. /4, s. 345/

Lyhyt läpäisy aika kertoo tuotantojärjestelmän olevan hyvin joustava ja tehokkaasti toimiva. Huonolla työllä ei ole mahdollista saavuttaa pientä läpäisy aikaa. Lyhyt läpäisy aika mahdollistaa nopeat toimitusajat, ja sitä kautta helpottaa yrityksen toimintaa monilla osa-alueilla. Asiakasohjautuvassa tuotannossa vaaditaan yleensä hyvinkin lyhyitä läpäisy aikoja. /5, s. 55/

Läpäisy ajan lyhentäminen

Osavalmistuksen läpäisy aikaa voidaan pääasiassa lyhentää tuotteiden rakennemuutoksilla, tehokkaammilla tuotantokoneilla ja tuotantokoneiden ryhmittelyllä. Kokoonpanotyön läpäisy aikaan kyetään vaikuttamaan esimerkiksi jakamalla suuret kokoonpanot pienempiin osakokoonpanoihin. Kaiken työn läpäisy aikaa saadaan pienennettyä eliminoimalla turha, tuotetta jalostamaton, työ. Selkeä ohjeistus ja tieto siitä, mitä pitää tehdä, vähentävät myös läpäisy aikaa. /5, s. 56–58/

Ei-toivotut tapahtumat tuotannossa

Tuotannon virheitä ja epäkohtia voidaan kuvata niin sanotuilla ei-toivotuilla tapahtumilla sekä selvillä ongelmatapauksilla. Näistä kerätyillä tiedoilla voidaan löytää epäkohtien todelliset syyt ja sitä kautta parantaa tuotannon toimintaa. Tuotantoa haittaavia tapahtumia ovat: /6, s. 67/

- Ns. susikappaleet
- Ylituotanto
- Konehäiriöt
- Jäännösraaka-aineet
- Kaikki tarpeeton työ, käsittely ja kuljetukset
- Myöhässä olevat toimitukset.

Tuotannonhallinnan ongelmien tunnusmerkkejä ovat: /6, s. 67/

- Asiakkaiden reklamaatiot
- Alhainen kapasiteetin käyttöaste
- Odotusajat
- Työ joudutaan tekemään uudestaan
- Ylisuuret varastot, etenkin valmistusosastoilla
- Korkeat laatukustannukset
- Riitaisa ilmapiiri
- Runsaat poissaolot
- Henkilökunnan suuri vaihtuvuus
- Yleinen epäjärjestys.

Materiaalivirrat

Materiaalivirroilla tarkoitetaan erilaisten tavaroiden, tuotteiden, aihoiden ja materiaalien kulkua yrityksen tuotantotiloissa. Materiaalivirtoja voidaan kuvata sekä graafisesti että numeerisesti, jolloin saadaan helposti vertailukelpoista tietoa. Materiaali- ja tietovirtojen numeerisina arvoina voidaan käyttää: /7, s. 9/

- Kokonaissiirtomatkoja [m]
- Siirtojen määrää [kpl]
- Tarvittavaa siirtokapasiteettia
- Kustannuksia [€].

Kilpailutekijät

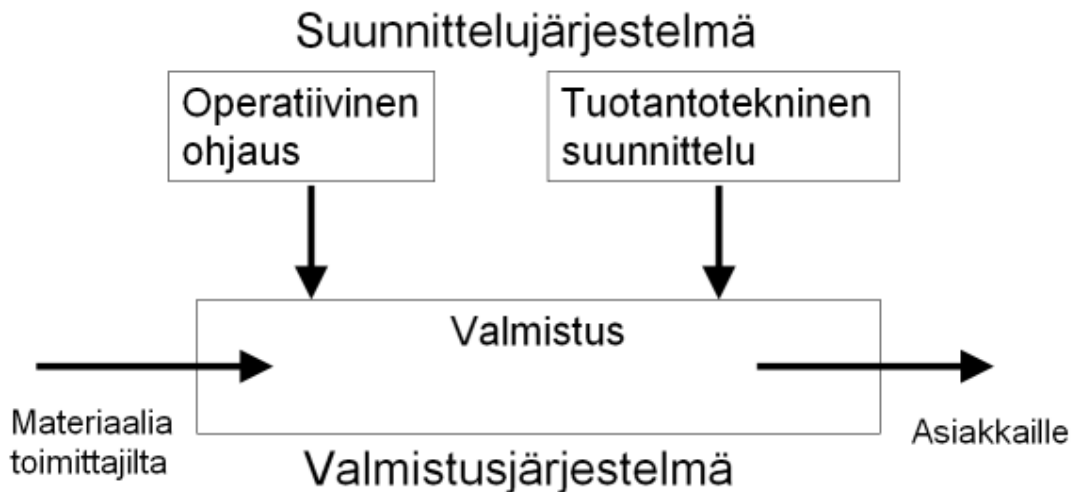
Kilpailutekijöillä voidaan arvioida yrityksen vahvuutta kilpaileviin yrityksiin ja asettaa omia tavoitteita tulevaisuutta varten. Yrityksen kilpailutekijöinä voidaan pitää edellä mainitun läpäisyajan lisäksi muun muassa seuraavia tekijöitä: /7, s. 6/

- Toimitusaika [vko]
- Hinta (OKA)
- Toimitusvarmuus [%]
- KET [€]

- Työn tuottavuus [h/kpl]
- Valmistuksen minimieräkoko [kpl].

3.2 Tuotantojärjestelmät ja -muodot

Tuotantojärjestelmän tarkoitus on ohjata valmistusmateriaalien jalostumista valmiiksi tuotteeksi. Tuotantojärjestelmän voidaan todeta koostuvan kahdesta toiminnosta: valmistus- sekä suunnittelujärjestelmästä (Kuva 1.). Suunnittelujärjestelmä jakautuu kahtia tuotantotekniseen suunnitteluun ja operatiiviseen ohjaukseen. Tuotantotekninen suunnittelu antaa tuotteelle valmistusvalmiudet, operatiivinen ohjaus hoitaa tuotannon ajoituksen ja antaa sille toteutusimpulssit. /5, s. 15/



Kuva 1. Perustuotantojärjestelmä. /5, s. 15/

Tuotantojärjestelmän suunnittelun ja tuotannon hallinnan perustana ovat tuotantomuodot. Tuotantomuoto määräytyy tuotteen rakenteen, valmistusmäärien ja -tekniikan sekä jakelutien perusteella. Tuotantomuodon määrittelyssä käytetään tuotetta, valmistusaloitetta ja tuotantoeräkokoa. Tuotantomuodot voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen alla olevalla tavalla tuotteen, valmistusaloitteen tai -prosessin jatkuvuuden mukaan: /4, s. 303–304/

1. Tuotteen mukaan
 - a. Tilaustuotanto
 - b. Vakiotuotanto.
2. Valmistusaloitteen mukaan
 - a. Asiakasohjautuva tuotanto
 - b. Varasto-ohjautuva tuotanto.
3. Valmistusprosessin jatkuvuuden mukaan
 - a. Kappaletavaratuotanto
 - b. Prosessituotanto
 - c. Yksittäistuotanto
 - d. Sarjatuotanto
 - e. Yhtenäistuotanto.

Tilaustuotanto mahdollistaa asiakkaan toiveet tuotteiden rakenteen ja ominaisuuksien suhteen. Vakiotuotanto ei anna varaa asiakkaan toiveiden toteuttamiselle, vaan tuotteen valmistuksessa noudatetaan vakiotuotteen linjaa. Suurin osa jokapäiväisistä käyttötavaroista on vakiotuotteita: autot, vaatteet ja kodin elektroniikka. Vakiotuotteiksi voidaan myös lukea sellaiset tuotteet, jotka tehdään asiakkaan mittojen mukaisesti, mutta tehokkaan moduloinnin ansiosta niiden suunnittelu tai valmistus ei vaadi ylimääräisiä ponnisteluja, esimerkiksi ikkunateollisuus toimii tällä tavoin. Tilaustuotteita ovat yksittäisinä kappaleina tehtävät tuotteet ja rakenteet, esimerkiksi rakennukset ja laivat. /4, s. 303–304/

Varasto-ohjautuva tuotanto pitää sisällään usein vakiotuotteita, joiden tuotanto aloitetaan varaston täydennystarpeen perusteella. Jokapäiväisistä tuotteista varasto-ohjautuvia ovat suurin osa kulutushyödykkeistä, kuten elintarvikkeet ja vaatteet. Koneenrakennuksessa varastotuotteita ovat erilaiset vakio-osat kuten ruuvit, niitit ja laakerit.

Asiakasohjautuvassa tuotannossa valmistus saa aloitusimpulssin asiakkaan tarpeesta, ja usein puhutaankin tilausohjautuvasta tuotannosta. Asiakasohjautuvia tuotteita ovat yleisimmin erikoisratkaisuja vaativat tuotteet, mutta nykyään tehdään myös useita vakiotuotteita asiakasohjautuvasti. Modernit, tehokkaat, valmistusjärjestelmät mahdollistavat niin lyhyet läpäisyajat että tuotanto aloitetaan vasta asiakkaan tarpeesta. /4,s. 304–305/

Valmistusprosessin jatkuvuuden mukaisella jaolla tuotanto voidaan jakaa kappaletavara- ja prosessituotantoon. Kappaletavaratuotannossa valmistetaan toisistaan eroteltavissa olevia kappaleita. Prosessituotannossa tuotetta ei voida jakaa kappaleisiin, vaan tuotanto virtaa vaiheesta toiseen. Tavallisimmin prosessituotantoa harjoittaa kemianteollisuus. /4, s. 305/

Tuotanto voidaan myös jakaa tuotantoerän koon perusteella yksittäis-, sarja- ja yhtenäistuotantoon. Yksittäistuotantoon kuuluvat sekä ainutkertaiset että hyvin pienimennekkiset tuotteet. Sarjatuotantoa ovat esimerkiksi erilaiset koneenrakennuksen pienkomponentit. Sarjatuotannolla pyritään pääsemään tehokkaampaan tuottavuuteen minimoimalla jalostamattoman työn, kuten asetusaikeiden määrää. Yhtenäistuotannossa valmistetaan suuria määriä jotain yksittäistä tuotetta. Tuotanto tapahtuu siihen tarkoitukseen varta vasten suunnitellulla laitteistolla ja se jatkuu samanlaisena hyvin pitkiä ajanjaksoja. /4, s. 305/

3.3 Layout

Layoutilla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijaintia tehtaassa. Tuotantolaitteiden sijoittelun ja materiaalivirtojen perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: Tuotantolinjalayoutiin; Funktionaaliseen layoutiin; Solulayoutiin. Näiden päätyyppien lisäksi on olemassa tuoteverstas-tyyppinen layout. /4, s. 407/

Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjassa koneet on sijoitettu valmistettavan tuotteen työvaiheiden mukaiseen järjestykseen. Tällöin materiaalien siirtoon tarvittavat matkat ja siten siirtoon kuluva aika saadaan minimoitua. Tämän tyyppinen layout on usein käytössä sellaisissa kohteissa, joissa valmistetaan suuria määriä jotain tiettyä tuotetta. /4, s. 407/

Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa tuotannon koneet on jaoteltu ryhmiin niiden toimintojen perusteella, esimerkiksi lastuavat koneet yhteen ryhmään – hitsaavat koneet toiseen. Materiaalin kulku layoutissa on tuotekohtaista, ja tämän vuoksi automaation mahdollisuudet ovat rajalliset. Funktionaalisisessa layoutissa tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestykseen. Ohjaus saattaa monipuolisessa tuotannossa muodostua hyvin hankalaksi, josta on usein seurauksena keskeneräisen tuotannon määrän lisääntyminen ja sitä kautta läpäisyajan suureneminen. /4, s. 408/

Solulayout

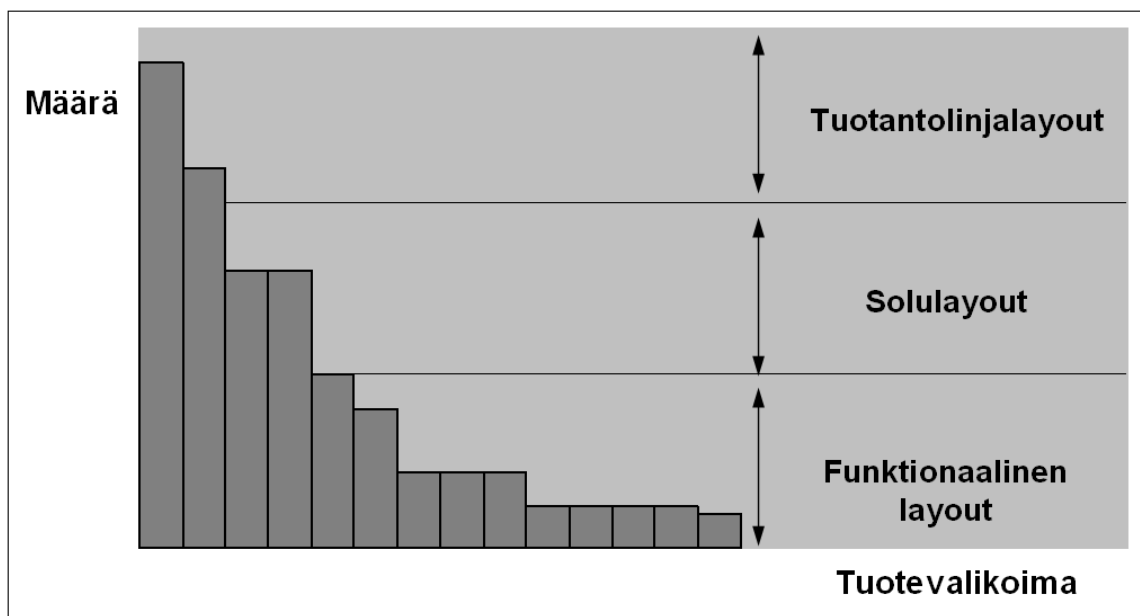
Solulayout on eräänlainen funktionaalisen ja tuotantolinjalayoutin välimuoto. Se jakautuu useisiin osakokonaisuuksiin, soluihin, joista jokainen keskittyy jonkin osan tai työvaiheen tekoon. Tällöin saadaan aikaiseksi selkeä materiaalivirta ja kyetään minimoimaan välivarastojen koko. Solulayoutissa päästään yleensä huomattavasti funktionaalista layoutia lyhyempiin läpäisyaikoihin. /4, s. 409/

Tuoteverstas

Tuoteverstas on tehtaan itsenäinen osa, joka on erikoistunut jonkin tuotteen tai osatyyppin valmistamiseen. Solusta poiketen tuoteverstas toimii usein omana organisaatioyksikkönä, ja sillä on oma johto, tuotannonohjaus sekä suunnittelu. Verstas työllistää usein 30–100 henkilöä. Tuoteverstaalla pyritään yksinkertaistamaan toiminnanohjausta ja lisäämään tuottavuutta. Tuoteverstaan varsinainen layout perustuu joihinkin edellä esitettyihin kolmeen peruslayout-tyyppiin tai näiden jonkinlaiseen yhdistelmään. /4, s. 410/

Layouttyypin valinta

Layouttyypin valintaan vaikuttavat tuotevalikoiman laajuus sekä tuotantomäärät. Tuotannon eri osat voivat toimia myös erityyppisellä osalayoutilla, esimerkiksi valmistus funktionaalisisella, ja kokoonpano tuotantolinjalayoutilla. Koko tehtaan layout koostuukin usein monista erityyppisistä osalayouteista. Oikeantyyppisen layoutin valintaa voidaan arvioida kuvan 2 avulla. /4, s. 411/



Kuva 2. Tuote-määrä-analyysi. /4, s. 411/

Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelu on paljon aikaa ja resursseja vaativa prosessi. Tuotannon layout on aina jonkin asteinen kompromissi eri prioriteettien välillä, sillä täysin optimaalista ratkaisua on usein mahdoton löytää, saatiikka käytännössä toteuttaa. Layoutsuunnittelun peruslähtökohtina voidaan pitää seuraavia asioita: /4, s. 412/

1. Tuotteiden rakennetiedot kertovat tarvittavat puolivalmisteet, komponentit ja raaka-aineet
2. Työnvaiheistus kertoo tuotteen työvaiheet ja -järjestyksen
3. Tuotantomäärän perusteella mitoitetaan tuotantokoneisto ja määritellään tuotantomuoto ja -tekniikka

4. Tuotannon aikajänne kertoo, kuinka pitkän ajan tuotanto tulee säilymään suunnitelman mukaisena. Aikajänteen pituus vaikuttaa investointien kannattavuuteen
5. Tukitoiminnot kertovat, mitä valmistusta tukevia toimintoja tarvitaan. Tukitoimintoja ovat esimerkiksi sosiaalityöt, työkaluhuolto ja jätteen käsittely.

3.4 Alihankinta

Alihankinta on kahden yrityksen välistä yhteistyötä, jossa päähankkija teettää alihankkijalla omaan tuotteeseensa kuuluvia osia, tuotantovaiheita tai osakokonaisuuksia. Toiminta pohjautuu ali- ja päähankkijan väliseen sopimukseen tuotannollisesta yhteistyöstä. Alihankinta voidaan käsittää joko aineellisena, esimerkiksi osahankinta, tai toiminnallisena, jolloin alihankinnan aiheena ovat vaikkapa suunnittelupalvelut. /8, s. 4/ Teollisuuden Keskusliitto määrittelee alihankinnan seuraavasti: *”Alihankinta on yritysten tai yritysten ja julkisten laitosten välistä yhteistoimintaa, jossa päähankkija ostaa alihankkijalta tuotteeseen liittyviä palveluita.”* /9, s. 10/

Alihankintaa voidaan pohtia päähankkijan kannalta seuraaventyyppisen kolmijaon pohjalta: /8, s. 4/

1. Valmistetaan itse
 - Esimerkiksi tuotesalaisuus estää osien teettämisen alihankkijalla.
2. Oma valmistus tai alihankinta
 - Yritys voi itse valmistaa osat tai ostaa ne alihankkijalta.
3. Alihankinta.
 - Jokin selvä syy, esimerkiksi tietotaidon puute, estää omatoimisen osavalmistuksen.

Näistä kohtien 1 ja 3 toimenpiteet ovat itsestään selvät, mutta kohdan 2 toimenpiteet vaativat tarkempaa selvitystä sekä taloudelliselta, että muilta kannoilta. Alihankinta voidaan jakaa käytännön tasolla kolmeen eri muotoon: /8, s. 5–6/

- I. Kapasiteettialihankinta: Alihankintaan turvaudutaan vain silloin kun oman tuotantokoneiston kapasiteetin puute tekee valmistamisen mahdottomaksi.
- II. Standardialihankinta: Päähankkija ostaa suuria osia alihihankkijalta.
- III. Erikoisalihankinta: Alihankkijalla on erikoisosaaminen, jonka tuotteita päähankkija tarvitsee. Tällaisissa osissa yleensä myös suunnittelu ja tuotekehitys tehdään pääosin alihihankkijalla.

Usein yllä olevista alihankinnan muodosta toteutuu käytännön tilanteissa useampi samanaikaisesti. Monissa tapauksissa alihankintayritys toimii kaikissa kolmessa muodossa, jolloin yritysten välinen suhde voi olla paljonkin toisen hyvinvoinnin varassa. /8, s. 6/

Alihankintapäätöksenteko

Alihankintaa mietittäessä tulee ottaa huomioon monet tiedot tämänhetkisestä ja tulevasta markkinoiden tilanteesta ja oman tuotannon valmistuskyvystä. Lopullista päätöstä alihankinnalle voidaan tukea erilaisin laskutoimin, joilla pyritään selvittämään paras mahdollinen ratkaisu kyseiseen tapaukseen. Liitteessä 1 on esitetty ostaa tai valmistaa prosessin (Make or Buy) periaatteelliset vaihtoehdot. /8, s. 19–20/

3.5 Tuotannon ohjattavuus

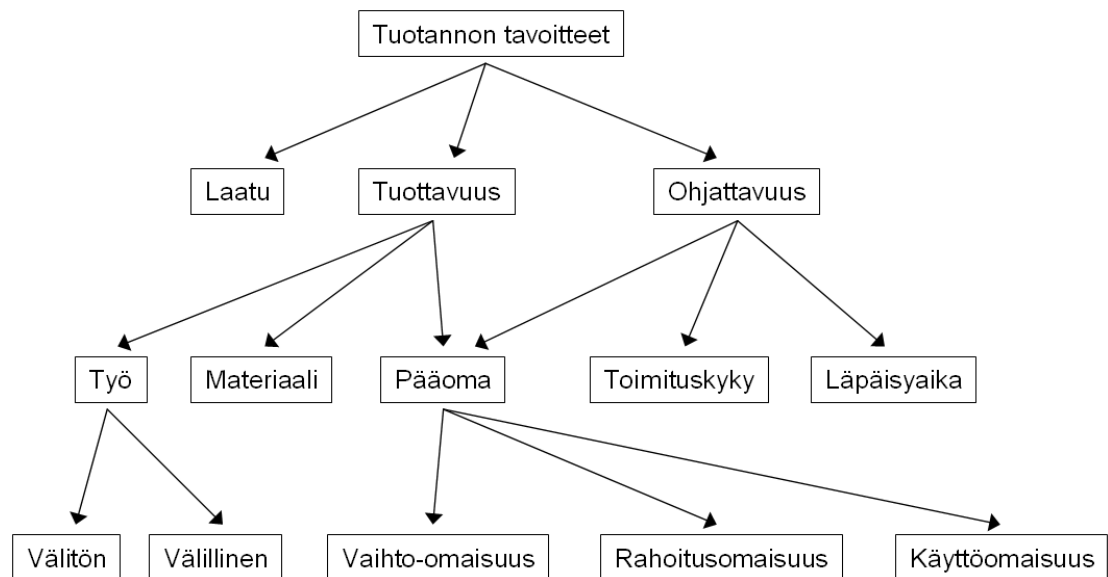
Tuotannon ohjattavuus voidaan määritellä seuraavasti: *”Tuotannon ohjattavuus on tuotantojärjestelmän kyky saavuttaa sille asetetut ohjaustavoitteet.”*. Tuotannon ohjattavuuden voidaan todeta rakentuvan alla lueteltujen kolmen muuttujan avulla: /10, s. 90–91/

- Tuotantojärjestelmän rakenne
- Ohjausmuuttujien riittävyys
- Ulkoisten muuttujien käyttäytymisen luonne.

Tuotantojärjestelmän rakennetta selvimmin kuvaava tekijä on tuotantotilan layout. Tuotannon ohjattavuuden kannalta paras vaihtoehto on tuotantolinjalayout. Perinteinen funktionaalinen layout on hieman vaikeammin hallittavissa. Solulayout sijoittuu hallittavuudeltaan näiden kahden väliin. Funktionaalisessa layoutissa koneiden käyttöaste saadaan pidettyä korkeana, mutta muut tuotannon muuttujat, kuten läpäisy aika, on vaikea pitää halutulla tasolla. /10, s. 91/

Ohjausmuuttujien riittävyydellä kuvataan yrityksen kykyä vastata sen sisä- ja ulkopuolelta tulevien muuttujien antamiin haasteisiin. Tavallisin esimerkki on jonkin tuotannon osan kapasiteetin reilu ylittäminen. Jos kapasiteetin ylitys vaatii pitkän varoitusaajan, on siitä usein seurauksena toimituskyvyn ja varastojen suhteen mahdollisia ongelmia. /10, s. 91/

Ulkoisista muuttujista yrityksen kannalta tyypillisin on menekki, tarkemmin sanottuna sen vaihtelu, suuruus, epävarmuus ja -säännöllisyys. Ulkoisten muuttujien tarkastelu on etenkin pienyritysten tapauksessa hyvin hankalaa. Tarkastelu vaatii myyntitoiminnalta suurta aktiivisuutta. /10, s. 91/ Kuva 3 havainnollistaa tuottavuuden ja ohjattavuuden tavoitteiden riippuvuussuhteita.



Kuva 3. Tuotannon tavoitteet. /10, s. 92/

Ohjattavuusanalyysi

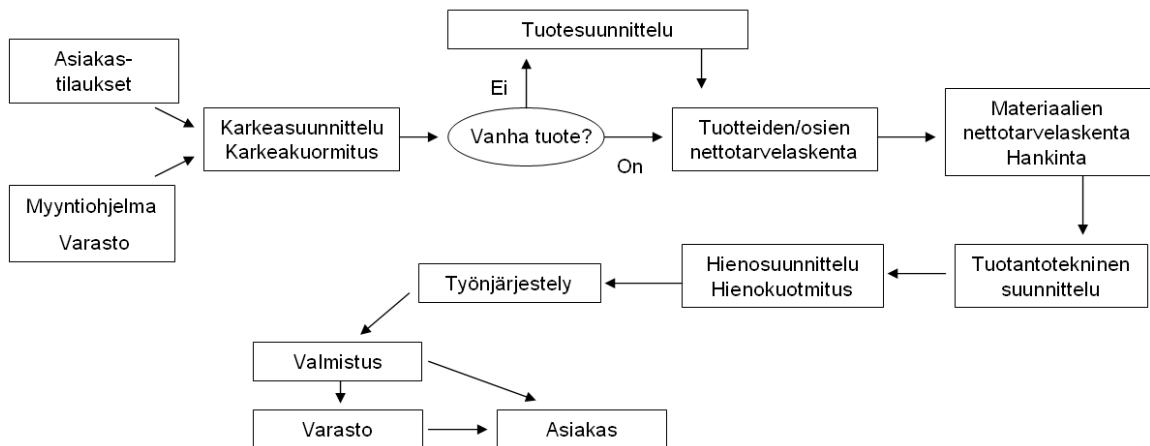
Ohjattavuusanalyysin avulla pyritään selvittämään yrityksen keinot tuotannon ohjattavuuden parantamiseksi. Tuotannon ohjattavuusanalyysi pyrkii löytämään tuotannosta ja tuotannonohjauksesta selkeitä kehityskohteita, ja yleisluontoisesti arvioimaan eri kohteiden tärkeyttä. Toinen ohjattavuusanalyysin tärkeä tavoite on arvioida tuotannon ja tuotannonohjauksen taloudellisia arvoja ja kehitysedellytyksiä. /10, s. 106/ Ohjattavuusanalyysitutkimuksessa tehtävät analyysit voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: Standardianalyysit ja Erikoisanalyysit. Niiden tarkoitusta on pyritty selvittämään liitteen 2 taulukoissa. /10, s. 117/

3.6 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelu on tärkeä vaihe tehokkaan tuotannon toteuttamisessa. Siinä pyritään löytämään keinot tehokkaalle tuotannon läpimenoille. Kuvassa 4 on esitetty tuotannonsuunnittelun kulkukaavio. Tuotannonsuunnittelu voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin: /11, s. 14/

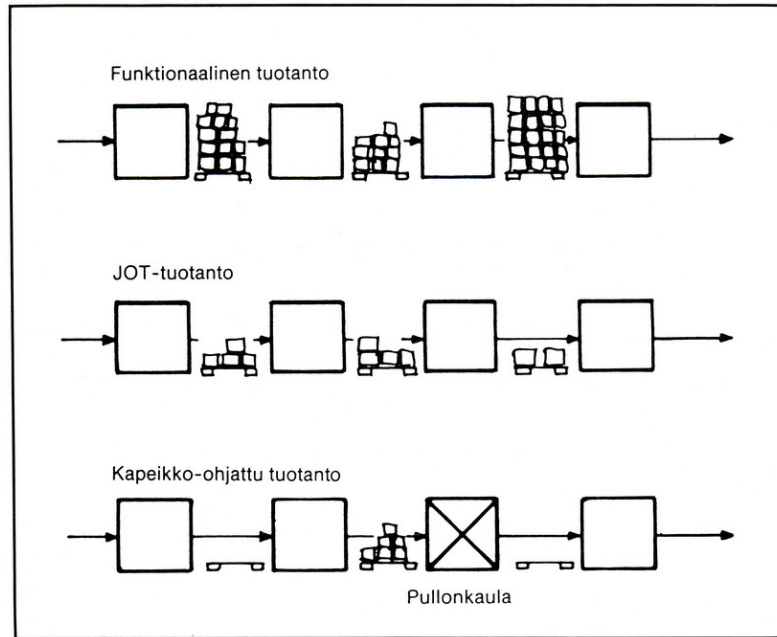
- Tuotesuunnittelu
 - Tuotekehittely valmistettavuuden kannalta

- Tuotantotekninen suunnittelu
 - o Työvaiheiden, menetelmien, välineiden ja layoutin suunnittelu
- Kuormituksen suunnittelu.
 - o Tuotannonohjaus, aikataulutus.



Kuva 4. Tuotannosuunnittelun kulkukaavio. /11, s. 15/

Kuormituksen suunnittelussa tulee miettiä mahdollisuuksia erilaisille tuotannonohjauskeinoille. Kuvassa 5 on esitetty tyypillisimpien tuotannonohjausajattelutapojen toteutumisperiaatteet. Kuvasta nähdään selvästi kuinka suuri määrä keskeneräisiä tuotteita perinteisessä tuotannossa on esimerkiksi JOT-tuotantoon verrattuna.



Kuva 5. Tavallisimpien tuotannonohjauksenkeinojen periaatteelliset kuvat. /11, s. 41/

3.7 Tuotteen kehittäminen vakioinnilla

Tuotetta kehittämällä voidaan huomattavasti helpottaa valmistuksen, kokoonpanon sekä tuotannonohjauksen toimintaa. Tuotteen suunnittelussa on asiakkaan toiveiden lisäksi erityisen tärkeää ottaa huomioon valmistustekniset näkökohdat: /12, s. 10/

- Konstruktion yksinkertaistaminen työvaiheiden vähentämiseksi
- Työvaiheiden suorittamisen yksinkertaistaminen
- Kokonaisosamäärän vähentäminen ja standardisointi
- Tuotteiden modulointi
- Osakokoonpanojen kehittäminen.

Tuotestandardisointi

Tuotestandardisoinnilla käsitetään tuotteen fyysisten rakenteiden, suoritusarvojen ja suunnitteluohjeistuksen mukauttamista kansallisiin ja

kansainvälisiin standardeihin. /13, s. 4/ Tuotestandardisointi on keino alentaa tuotteen omakustannushintaa. Kustannusten pienentyminen perustuu: /13, s. 10/

- Suunnittelun ja tuotannon läpäisyajojen lyhenemiseen ja sitä kautta työtuntien vähentämiseen
- Keskenäisen tuotannon määrän vähenemiseen
- Tuotteiden kokonaisnimikemäärän vähenemiseen.

Taulukko 1. Tuotestandardisoinnin vaikutukset. /13, s. 12/

Vaikutus	%
Suunnittelun läpäisy aika lyhenee	60–70
Valmistuksen läpäisy aika lyhenee	60
Suunnittelun työtunnit vähenevät	50–60
Valmistuksen työtunnit vähenevät	30
Säästöt raaka-aineissa	5
Valmistettavien ja ostettavien nimikkeiden määrä pienenee	60
Erilaisten työkalujen määrä vähenee	50
Tuotannonohjauksen määrä vähenee	90
Kokonaisnimikemäärä vähenee	30
Tuotekohtaiset nimikkeet vähenevät	70
Tilansäästö varastoissa	30
Säästö laadunvalvonnan laatu kustannuksissa	40

Standardisoinnin vaikutusta eri tekijöihin on arvioitu yllä olevassa taulukossa 1. Standardisointi tulee viimeistään tarpeelliseksi esim. hitsaavassa tuotannossa automaatioasteen lisääntyessä. Tuotteita on pakko standardoida, jotta ne pystytään valmistamaan tehokkaasti esimerkiksi hitsausrobotilla. Tällainen toimenpide voidaan saattaa alulle yksinkertaistamalla olemassa olevaa tuoteperhettä. Sieltä valitaan tärkeimmät tuotteet ja muutetaan niiden ominaisuuksia siten, että niillä kyetään paremmin täyttämään asiakkaan tarpeet. Yleensä tällainen standardisointi johtaa suoraan konstruktioiden yksinkertaistamiseen, hitsien määrän vähenemiseen ja sitä kautta edelleen tuotannon tehokkuuden paranemiseen. /14, s. 5–6/

Modulointi

Moduuli on tuotteesta fyysisesti irrotettavissa oleva, asiakastarpeesta lähtöisin oleva toiminnallinen kokonaisuus. /13, s. 8/ Moduuleilla on tarkkaan määrätyt yhtenevät rajapinnat, jolloin saadaan aikaan niiden yhdisteltävyys ja vaihtokelpoisuus. Modulaarinen rakenne mahdollistaa yksittäisten moduulien suunnittelu- ja kehitystyön. Tämä helpottaa huomattavasti suunnittelua, sillä nyt moduulien rajapintojen vakiona pitäminen takaa yhteensopivat osat. Modulointia voidaan pitää yhtenä tuotevakioidinnin osana. /15, s. 8/

Modulaarisen tuoterakenteen pääominaisuudet ovat: /15, s. 9/

- Moduulit toteuttavat yhtä tai useampaa toimintoa
- Moduulien vuorovaikutukset on tarkasti rajattu ja ne ovat välttämättömiä tuotteen toimintojen kannalta.

Ideaalinen moduloitu tuote olisi sellainen, jossa jokaisella moduulilla olisi vain yksi toiminto, moduulien väliset vuorovaikutukset olisivat mahdollisimman vähäisiä, ja jokainen tuotteen toiminto olisi toteutettu omalla moduulilla. Tällöin olisi mahdollista tehdä muutoksia aina vain haluttuun moduuliin ilman että tuotteen muita osia tarvitsee muuttaa. Siten esimerkiksi luonnollinen tuotekehitys on hyvin helppo toteuttaa – uusien ratkaisujen implementointi tuotteeseen onnistuu vain haluttuja moduuleja muuttamalla. /15, s. 9/

Moduulien käyttö helpottaa markkinointia, sillä moduloidulla tuotteella on huomattavasti helpompi vastata asiakkaan tarpeisiin. Tällä tavoin asiakkaan toiveiden toteuttaminen ei silti vaadi yksityiskohtaista tilauskohtaisen tuotteen suunnittelua, vaan suunnittelussa kyetään koostamaan valmis lopputuote erillisistä moduuleista. Modulointi helpottaa täten omalta osaltaan myös tuotannon läpimenoa ja sitä kautta edelleen toimitusaikojen toteutumista. /14, s. 5/

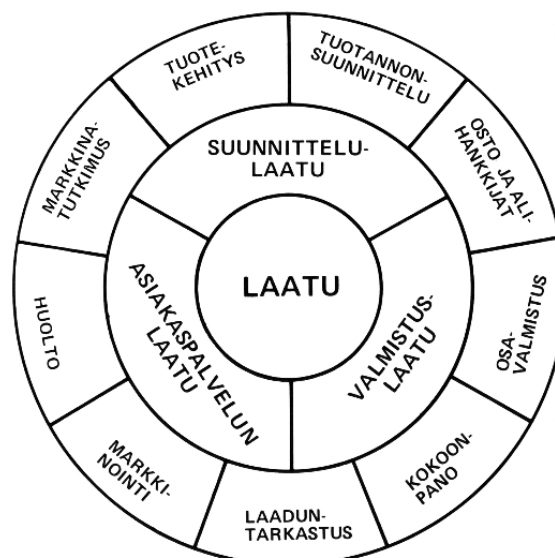
Muita tuotekehityksen keinoja

Hitsaus on tuotannossa aina jonkinasteinen peikko. Onkin esitetty että: *”Hyvä hitsattu rakenne sisältää mahdollisimman vähän hitsejä.”* Tämä lausahdus pitää

paikkansa etenkin kun puhutaan monimutkaisimmista rakenteista, sillä esimerkiksi hitsausmuodonmuutokset saattavat olla hyvinkin suuri ongelma joissakin rakenteissa. Tuotekehittelyssä tulisikin arvioida, onko tuote mahdollista valmistaa jollakin muulla tavalla, esimerkiksi laserleikkausta tai särmäystä apuna käyttäen. /14, s. 6/

3.8 Laatuksite, -järjestelmä ja -kustannukset

Laatu määritellään useissa kirjallisissa lähteissä seuraavasti: ”Laatu on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset.”. Tämä määritelmä ilmaisee hyvin jo itsessään kuinka laaja käsite laatu on yrityksen kannalta. Laatuajatuksen tulisi olla läsnä tuotteen tai palvelun koko tilaus-toimitus-ketjun läpimenon ajan, ensimmäisestä asiakaskontaktista lähtien ja vielä myyntitilanteen jälkeenkin. Tämän vuoksi todellinen uppoutuminen laatuasioihin vaatii huomattavan määrän sekä ajallista että taloudellista panostusta. Kuvassa 6 on esitetty niin sanottu laatuympyrä, joka kuvaa tuotteen kokonaislaadun muodostumista eri osa-alueiden laatuojen perusteena. /16, s. 10, 81/



Kuva 6. Laatuympyrä, joka kuvaa tuotteen tai palvelun laadun muodostumista.

/16, s. 15/

Laatukäsite teollisuusyrityksessä voidaan kansankielellä selvittää myös seuraavasti: /17/

Laatua on se, että:

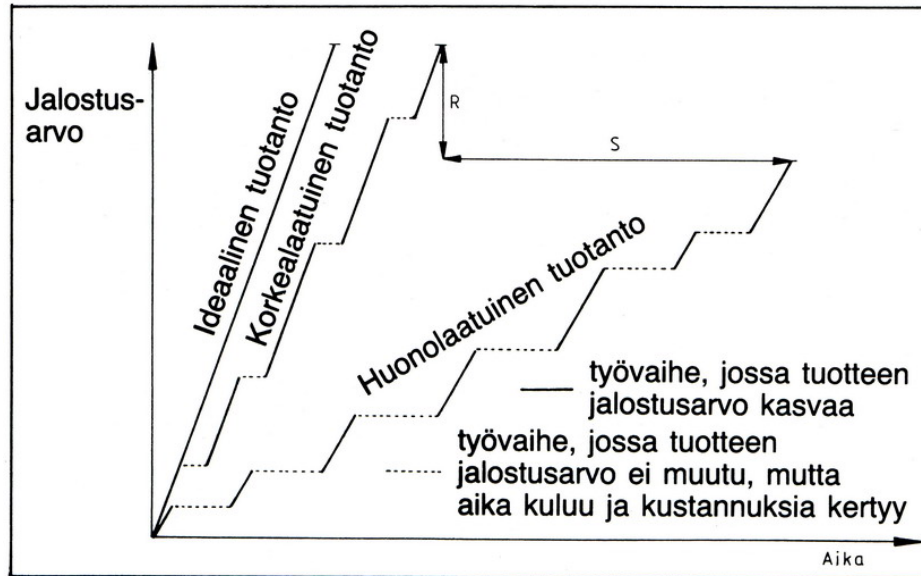
- Tehdään hyviä asioita hyvin
- On yhdessä mietitty ja sovittu järkevä tapa toimia
- Sovitut asiat kirjataan ja kirjaukset ovat kaikkien tiedossa ja saatavilla
- Virheistä opitaan.

Laatua ei ole se että:

- Kukaan ei tiedä miten asiat tulisi tehdä
- Tavarat ja asiat ovat sikin sokin
- Asioista joudutaan riitelemään
- Samat virheet toistuvat.

Tuotteen tai palvelun laadun tasoa voidaan arvioida niin sanotuilla laatumuuttujilla. Nämä ovat kyseisen tuotteen tai palvelun laatuvaatimusten toteutumisen kannalta olennaisimpia muuttujia, esimerkiksi hehkulampulla kestoikä ja valoteho; henkilöautolla tilat, varusteet ja turvallisuus. /16, s. 16/

Kuva 7 havainnollistaa laadun merkitystä tuotteen läpäisy aikaan ja jalostusarvoon. Tuotteen lopullinen laatu vähenee huonolaatuisessa tuotannossa janan R verran ja tuotannon läpimenoaika lisääntyy janan S ilmaiseman ajan. Janan R suuruuteen vaikuttavat ns. susikappaleet ja niiden korjauksiin kulunut, työ sekä materiaalit. Janan S pituutta lisää jalostamattoman työn määrä. /18, s. 5/



Kuva 7. Laadun vaikutus tuotteen läpäisy aikaan ja jalostusarvoon. /18, s. 5/

Laatujärjestelmä

Yrityksen laatujärjestelmään sisältyvät kaikki laatuun ja sen osatoimenpiteisiin vaikuttavat asiat. Laatujärjestelmän tulee muodostaa eräänlainen toimintamalli yrityksen eri osien välisille suhteille ja erotella yrityksen eri osien vastualueet. Laatujärjestelmän fyysinen ilmentymä on laatukäsikirja, joka pitää sisällään toimintaohjeita, ohjeistuksia, vastuualueita ynnä muita kaikkia yrityksen osia koskevia tietoja. Käsikirja tehdään ISO laatustandardien avulla, ja usein sitä täydennetään vielä ISO ympäristöstandardien pohjalta tehdyllä ympäristökäsikirjalla. /16, s. 81-82/

Laatukustannukset

Laatukustannukset ovat hyvä mittari yrityksen laatutoiminnan tehokkuudelle. Niillä mitataan erilaisiin laadullisiin toimintoihin käytettyjen rahallisten panosten suuruutta. /16, s. 114/ Laatukustannukset voidaan jakaa kahteen pääryhmään ja osatekijöihin seuraavasti: /16, s. 102–103 /

– Virhekustannuksiin

- Sisäiset
 - Hylkäykset
 - Korjaukset
 - Lajittelu
 - Virheiden analysointi
 - Ylituotanto
 - Arvon vähennys.
- Ulkoiset
 - Takuut
 - Reklamaatiot
 - Alennukset.

– Valvonnan ja ennaltaehkäisevän toiminnan kustannuksiin:

- Ennaltaehkäisevä toiminta
 - Laatujärjestelmän kehittäminen
 - Toiminta ennen tuotannon aloitusta
 - Valmistusedellytyksien selvittäminen
 - Laadunvalvontajärjestelmän laatiminen
 - Alihankkijoiden arviointi
 - Laadunohjaus ja sen johto
 - Laatukatsastus
- Valvonta
 - Vastaanottotarkastus
 - Valmistustarkastus
 - Lopputarkastus
 - Asennustarkastus
 - Laadunarvostelu
 - Erikoistarkastukset.

4. Tuotannonohjausjärjestelmät ja -ajattelutavat

Tuotannonohjaus on keino hallita organisaation kykyä tarjota tuotteita ja palveluita. Moderni tuotanto on useimmissa tapauksissa hyvin monitahoinen prosessi ja sen tehokkaan toiminnan edellytyksenä on tarkkaan mietitty kuormitus. Tuotannonohjausjärjestelmä on keino hallita tuotannon kuormitusta ja aikatauluja. Lähes kaikki jokapäiväiset tuotteet ruoasta vaatteisiin ovat lähtöisin tuotannonohjaajan järjestelemästä tuotannosta. /19 s. 3-4/

Tuotannonohjaukseen voidaan olettaa sisältyvän: /20, s. 21/

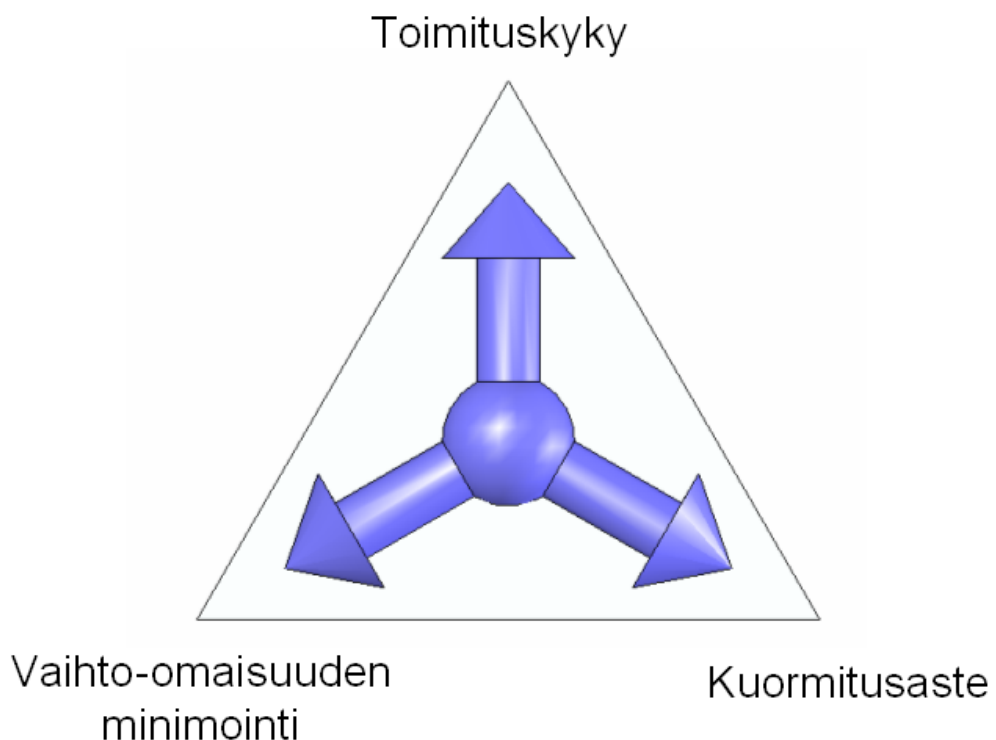
- Materiaalin ohjaus
- Valmistuksen ohjaus
- Varastojen ohjaus
- Työohjaus
- Tuotekustannuslaskenta.

Tuotannonohjauksen tavoitteita: /11, s. 39/

- Myynnin ja johdon informointi tuotannon tilasta
- Tuotantokapasiteetin tehokas hyödyntäminen
- Toimitusvalmiuden ylläpito
- Varastoihin sidotun pääoman minimointi
- Tuottavuuden kehittämisen mahdollistaminen
- Suunnittelu- ja valvontakustannusten minimointi
- Kuormitustason seuraaminen.

Tuotannonohjaus perustuu informaatio- ja materiaalivirtojen saumattomaan yhteistoimintaan. Äärimmäisen karkeasti esitettynä tuotannonohjausta voitaisiin kuvata näin: Informaatio lähtee liikkeelle asiakkaasta, edeten myynti- ja suunnitteluhenkilöstön kautta valmistukseen ja varastoon, sekä edelleen ostohenkilöstölle. Materiaalivirta lähtee liikkeelle tavarantoimittajasta, josta se kulkee varaston ja tuotannon kautta asiakkaalle. /21, s. 7–17/

Tuotannon- ja toiminnanohjauksen perusajatuksia on selvitetty kuvassa 8. Sen tärkeimmät tavoitteet ovat toimituskyvyn ja kapasiteetin kuormituksen maksimointi, ja vaihto-omaisuuden minimointi. Tavoitteiden ristiriitaisuus tulee ilmi seuraavasti: Toimituskykyä saadaan parhaiten kehitettyä lisäämällä varastojen määrää, joka kasvattaa vaihto-omaisuuden arvoa. Koneiden suuri käyttöaste aiheuttaa sekin vaihto-omaisuuden määrän lisääntymistä sarjakokojen kasvaessa. Vaihto-omaisuuden minimointi edellyttäisi varastojen selvää pienentämistä tai poistoa kokonaan. Ristiriitaisuuden aiheuttamia haittoja saadaan merkittävästi vähennettyä pyrkimällä mahdollisimman lyhyisiin läpäisyaikoihin. /4, s. 347–348/



Kuva 8. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus. /4, s. 348/

4.1 Tuotannonohjausjärjestelmien historia

Tuotannonohjausjärjestelmät ovat olleet 1950- ja 1960-luvuilta lähtien suurten yritysten käytössä. Tuolloin ne olivat matemaattis pohjaisia tarkasti räätälöityjä sekä hyvin raskaita sovelluksia, joiden päätavoite oli rutiinien automatisointi. 1970-luvulla kehitettiin monia nykyisinkin käytössä olevia järjestelmiä. Nämä järjestelmät olivat tosiaikaisia, ne sisälsivät optimoivia matemaattisia teorioita, ja niiden tavoitteena oli rutiinien hoito sekä päätöstiedon hankinta. Tällaiset järjestelmät soveltuivat suurten yritysten ohella myös keskisuurten yritysten käyttöön. 1980-luvulla kehitetyt järjestelmät ovat huomattavasti aikaisempia käyttäjäystävällisempiä. Niiden tavoitteena on helpottaa rutiinien hoitoa ja tukea päätöksentekoa. Näiden järjestelmien ihmisläheisyys ja investointikustannusten vähäisyys tekee niistä myös pienyritysten käyttöön soveltuvia. 1990- ja 2000-luvuilla järjestelmien tehokkuus ja käytettävyys ovat kehittyneet edelleen. /12, s. 3/

4.2 Tarvelaskenta eli MRP

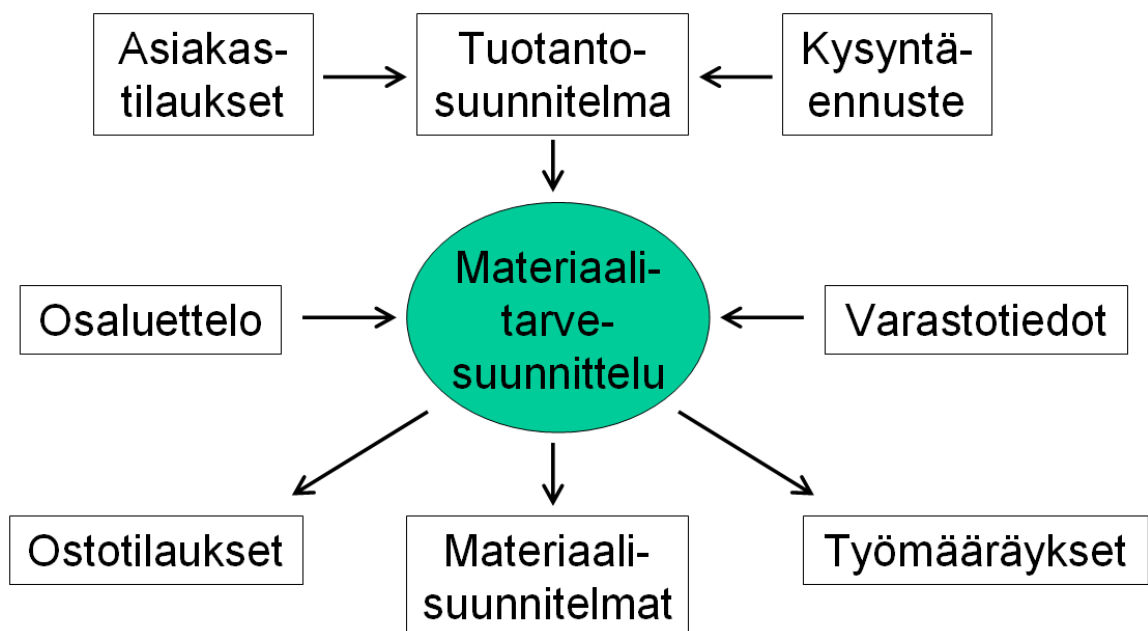
MRP on yksi suosituimmista varastonhallinnallisista tuotannonohjauskeinoista. /22, s. 1/ Se juontaa juurensa 1960-luvulle, jolloin MRP:lla tarkoitettiin Materials Requirement Planningia, materiaalitarkvuunnittelua. Tämä MRP:n muoto tunnetaan nykyään nimellä MRP I. Sen rinnalle on kehittynyt 1980- ja 90-lukujen aikana toinen MRP:n muoto, MRP II (Manufacturing Resource Planning). /19 s. 449/

MRP perustuu tarkkoihin laskelmiin tuotannon eri muuttujilla, ja se soveltuu parhaiten monimutkaiseen tuotantoon. Sen haittapuolena ovat työläät laskelmat ja niitä varten vaadittavien numeeristen tietojen hankinta ja päivittäminen. Nykypäivän tehokas tietotekniikka auttaa MRP:n toteuttamista, mutta se vaatii kuitenkin usein manuaalisen tietojen syötön, joka vaatii merkittävästi työtä.

MRP I

MRP I antaa yritykselle mahdollisuuden laskea tuotannon vaatimien raaka-aineiden tarpeen määrän ja tarveajankohdan. Tämä laskenta perustuu tehtyjen tilausten ja myyntiennusteiden hyväksikäyttöön. MRP:n avulla näistä tiedoista saadaan laskettua tilausten vaatimien tuotteiden materiaalitarve. Tarkka tieto tuotteen vaatimista materiaaleista ja kysynnän ennustaminen ovat toimivan MRP:n perusasioita. /19 s. 449/

Nykypäivänä MRP:n tehokas käyttö vaatii sitä soveltavan tietokoneohjelman. Ohjelmaan syötetään lähtötiedot tuotannosta, asiakastilaukset ja kysyntäennuste, joista se muodostaa tuotantosuunnitelman (MPS). Tätä edelleen hyväksi käyttäen saadaan arvioitua hyvin tarkkaan materiaalitarve ja sen ajankohta. Kuvassa 9 on esitetty MRP I:n toimintaa kuvaava kaavio. /19, s. 450/



Kuva 9. Materiaalitarvesuunnittelu. /19, s. 451/

MRP II

MRP II eli Manufacturing Resource Planning kehittyi ajatuksena jo 1960–70-luvuilla, ja se on vieläkin suosittu tuotannonohjausellinen keino monessa yrityksessä. Sen vaatima suurehko laskentateho rajoitti sen käyttöä ennen nykyaikaisia tehokkaita tietokoneita. Siksi sen voidaankin todeta yleistyneen vasta 80–90-luvuilla. Sen hallinta on hyvin pitkälti tietokonepohjaista, ja se koostuu itse asiassa suuresta määrästä erilaisia tuotantoon liittyviä tietoja: nimiketietoja; läpäisyajoja; eräkokoja; varastosaldoja; tiedot tekeillä olevista töistä. Lopullinen tuotantosuunnitelma laaditaan tilausten ja myyntiennusteen perusteella. Näiden perusteella lasketaan materiaalityötarpeelle määrät ja ajankohdat, ja saadaan jokaiselle tuotteelle työmääräimet. /23, s. 11/

4.3 JIT-tuotantomalli

JIT-tuotantomalli on lähtöisin Japanista. JIT-periaatteen (Just In Time) mukaan yritys ohjaa tuotantoaan asiakaslähtöisesti niin sanotulla imuperiaatteella. Tällä pyritään minimoimaan varastojen koko ja siten niihin sitoutunut pääoma. JIT-tuotanto on tyypillisintä pienerätuotannossa, jossa valmistetaan toistuvia eriä lyhyin väliajoin. /4, s. 257, 310/ JIT-tuotanto on muutakin kuin pelkkä ohjausmenetelmä, sillä se antaa hyvän pohjan koko yrityksen kehittämiseen, jolloin tavoitteena ovat mm. korkea laatu, sekä tasaiset ja katkeamattomat materiaalityövirrat tuotannossa. Suomenkielinen nimitys JIT-tuotannolle on JOT-tuotanto, jonka nimi tulee sanoista Juuri Oikeaan Tarpeeseen. /23, s. 12/

JIT-tuotannossa pyritään saamaan materiaalityövirrat nopeiksi ja ohuiksi sekä eliminoimaan varastot kokonaan. Tämä poikkeaa perinteisestä massatuotannon ajatuksesta suuresti, sillä niiden toiminta on pyritty tekemään mahdollisimman suurissa erissä yksittäiskustannuksen pienentämiseksi. Toimiva JIT-tuotanto vaatii yksittäisiltä tuotantoprosesseilta korkeaa laatua. Varastojen olemattomuus ja lyhyt läpäisy aika eivät salli tuotannossa häiriöitä, sillä ne lamauttaisivat tuotannon kokonaan. Tämän takia henkilöstön tulee kaikilla tavoin pyrkiä välttämään pienimpiäkin tuotantohäiriöitä. JIT-tuotannolla kyetään saavuttamaan

massatuotantoa suurempi tuottavuus, sen korkea laatutason, turhien vaiheiden poistamisen, tuotantoprosessien jatkuvan parantamisen ja sitoutuneen pääoman pienuuden johdosta. /4, s. 310–311/

4.4 Lean-toiminta

Vuonna 1990 julkaistun autoteollisuuden kilpailukykyä selvittäneen tutkimuksen, International Motor Vehicle Program (IMVP), pohjalta huomattiin, että keskittymällä vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan voidaan säästää merkittävästi kustannuksia ja aikaa. Tämä käsite sai nimen Lean-toiminta (Lean Production) ja on sittemmin tullut suosituksi keinoksi hallita yrityksen tuotantoa. Se pohjautuu osittain JIT-tuotannon periaatteisiin. /24 s. 8, 4, s. 311/

Lean toiminnan perusteet: /24, s. 8/

- Asiakkaalle tuleva lisäarvo
- Selkeät tavoitteet, seuranta ja mittarit
- Suora ja avoin tiedonkulku
- Henkilöstön yhteistoiminta
- Kokonaisuuden hahmottaminen
- Turhien ja ylimääräisten kustannusten välttäminen
- Jatkuva kehittäminen.

Hitsaavassa tuotannossa Lean-ajattelutavalla saadaan usein aikaan merkittäviä parannuksia. Tällöin peruseriaatteina ovat korkea valmistuslaatu, turhan työn minimointi, joustavuus ja jatkuva parantaminen sekä yhteistoiminta hitsauskonetoimittajien kanssa. Näihin tavoitteisiin päästään pureutumalla ongelmien todellisiin syihin eikä vain välillisiin ja välittömiin seurauksiin. /25, s. 32–38/

4.5 Benchmarking

Kun yritys pyrkii kehittämään menettelytapojaan oppimalla asiat jonkin toisen organisaation paremmin hallitsemalla tavalla, puhutaan benchmarkingista. /26, s. 15/ Benchmarkingin juuret juontavat monen muun tuotannonohjausmenetelmän tavoin Japaniin, jossa se kehitettiin alunperin laadunparannustekniikaksi. Länsimaisen Benchmarking-menetelmän uranuurtaja on ollut Rank Xerox, joka aloitti benchmarkingin tutkimisen vuonna 1976. Sittemmin Yritys on ottanut benchmarkingin osaksi yrityksen TQM-kehittämisohjelmaa. /26, s. 16/

”Benchmarking on jatkuva ja järjestelmällinen prosessi parhaiden menetelmien ja toimintatapojen tunnistamiseksi, ymmärtämiseksi ja soveltamiseksi. Tavoitteena on oman organisaation suorituskyvyn kehittäminen.” /26, s. 15/ Benchmarkingin keinoina ovat yleensä yritysvierailut ja tutustuminen toisten yritysten toimintakertomuksiin. Sen voidaan todeta olevan ns. sallittua yritysvakoilua. Benchmarking voidaan jakaa alla olevan taulukon tapaan kolmeen tyyppiin.

Taulukko 2. Benchmarking-tyypit. /26, s. 18/

Tyyppi	Määritelmä
Strateginen benchmarking	World Class-yritysten analysointi strategisten mahdollisuuksien löytämiseksi omissa avainprosesseissa
Suorituskyky-benchmarking	Tuotteiden ja avainprosessien suorituskykyjen vertailu, joka perustuu yleisesti saatavissa olevaan informaatioon tai yritysvierailuun
Prosessi-benchmarking	Avainprosessien suorituskykyjen taustalla olevien menetelmien, toimintatapojen ja edellytysten määrittely ja analysointi

Sopivan benchmarking-yrityksen valinta

Benchmarking-yritykset voidaan jakaa seuraavaan neljään ryhmään: /26, s. 22/

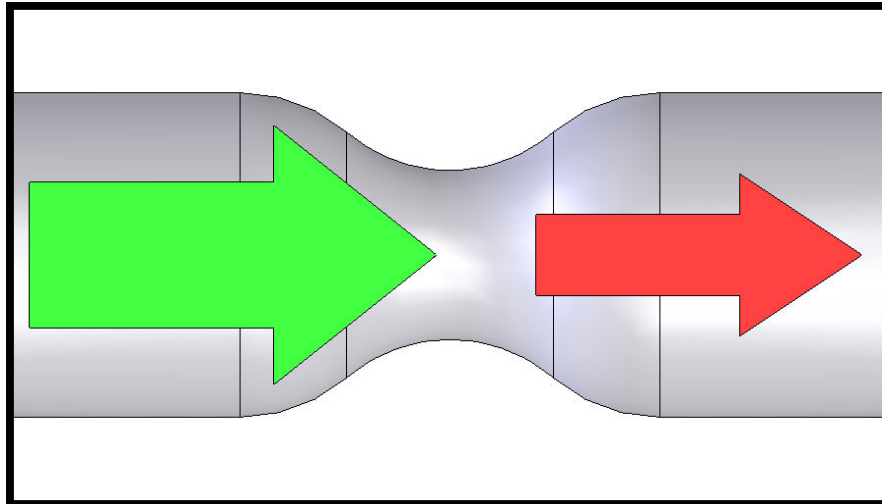
1. Sisäinen
2. Kilpailija
3. Oma teollisuuden ala
4. Paras mahdollinen.

Sisäinen benchmarking tapahtuu ison yrityksen sisäisten yksikköjen välillä. Tällaisen benchmarkingin puute voi olla se, että yrityksestä ei vaan yksinkertaisesti löydy riittävän hyvin toimivaa yksikköä, jotta benchmarkingin hyöty saataisiin irti. Kilpailijoiden välinen benchmarking voidaan nähdä kykynä kehittää molempien osapuolien toimintaa ja vahvistaa kumpaakin ulkopuolisten uhkien varalta. Tällöin saadaan usein hyvin avoin tiedonvaihto yritysten välillä, ja täten ei tarvitse turvautua tiedon hankkimiseen välillisten kanavien kautta. /26, s. 23/

Oman teollisuudenalan yritysten välinen benchmarking voi olla hyvinkin antoisaa. Vaikka lopputuotteet poikkeavatkin toisistaan, voidaan silti saada tehtyä hyviä vertailuja vaikkapa alihankinnassa ja laadunvalvonnassa. /26, s. 23/ Parhaalla mahdollisella tavalla toimivaa prosessia haettaessa joudutaan usein etsimään selvästi omasta alasta poikkeava benchmarking-yritys. Esimerkiksi tilauskonepajan voi olla hyvä hakea mallia joihinkin toimintatapoihinsa vaikkapa postimyyntiyrityksestä. Yleensä paras toimintatapa ei löydy suurimmasta mahdollisesta yrityksestä, vaan vähän pienemmistä ja jopa lähes tuntemattomista yrityksistä. /26, s. 24/

4.6 Kapeikkoajattelu

Kapeikko eli pullonkaula on sellainen tuotannon osa, jonka kapasiteetti ei riitä prosessoimaan sen läpi kulkevaa materiaalivirtaa, vaan se pyrkii jarruttamaan virtausta. Kuva 10 esittää havainnollisesti, kuinka kapeikko vaikuttaa siinä kulkevaan materiaalivirtaan.



Kuva 10. Tuotannossa esiintyvä pullonkaula rajoittaa sen kautta kulkevaa materiaalivirtaa.

Kapeikkoajattelun ”isä” on Eli Goldratt, israelilainen fyysikko. Hän kehitti 1970- ja 80-lukujen taitteessa OPT-nimisen tuotannon ohjausmenetelmän, joka perustui tuotannossa esiintyvien pullonkaulojen huomioimiseen ja hyväksikäyttöön tuotannonohjauksessa. Menettely eroaa perinteisestä tarvelaskentaan perustuvista tuotannonohjauskeinoista siten, että siinä ohjauksen pääpaino on tuotannon kapasiteettirajoituksissa. /23, s. 5/

Kapeikko-ohjauksen (TOC) periaatteet. /27, s. 76/

1. Tehtaan kapasiteettia ei pitäisi tasapainottaa
2. Ei-pullonkaularessurssin käyttö ei määräydy sen oman kapasiteetin, vaan järjestelmän muiden rajoitusten perusteella
3. Resurssin aktivointi ei tarkoita samaa kuin resurssin hyväksikäyttö
4. Pullonkaulassa menetetty tunti on koko systeemissä menetetty tunti
5. Ei-pullonkaulassa säästetty tunti on turhaa
6. Pullonkaulat määräävät sekä materiaalivirran suuruuden, että varastojen koon
7. Kuljetuserän koko saa olla ja monesti pitäisi olla erikokoinen kuin valmistuserän
8. Tuotannon eräkoon tulee olla muuttuva, ei kiinteä

9. Valmistuksen ajoituksessa pitäisi kaikki systeemin rajoitukset ottaa huomioon samanaikaisesti. Läpäisy aika määräytyy ajoituksen perusteella eikä sitä voi määrätä etukäteen.

Kun kapeikkoajattelua hyödynnetään tuotannonohjauskeinona, koko tuotantoketjun ajatellaan olevan kokonaisuus, jonka kautta raaka-aine muuttuu valmiiksi tuotteeksi. Tavoitteena on saada tuotannon materiaali virrat mahdollisimman suuriksi ja samalla varastot pieniksi. Tähän tavoitteeseen pyritään, mutta sen täydellinen toteutuminen ei ole käytännössä koskaan mahdollista. Kapeikko-ohjauksen tavoitteena on saada koko tuotanto toimimaan kapeikkojen sallimassa tahdissa. Koska ne määräävät koko tuotantoketjun tehokkuuden, niitä edeltävissä työvaiheissa ei ole järkevää valmistaa enempää kuin mitä kapeikko pystyy käsittelemään. On jopa edullisempaa antaa työntekijöiden ja koneiden seistä joutilaana, kuin valmistaa ennen kapeikkoja tarpeettoman paljon tuotteita. Tuotannon paikallinen tehokkuus saattaa näin lisääntyä, mutta kokonaistehokkuus on aivan sama. Lisäksi ylimääräiset keskeneräiset tuotteet lisäävät vaan varaston arvoa, ja siten sitovat tarpeettomasti pääomaa. /23, s. 6/

Tuotannon kapeikkokohdalle laaditaan yksityiskohtainen aikataulu, jonka toteutumisesta huolehditaan tarkasti. Tuotantoaikataulu kertoo edelliselle työvaiheelle, millä aikataululla, kuinka paljon ja mitä raaka-aineita kapeikko tarvitsee. Pullonkaulan ohitettuaan tuotantoa ohjataan työntöperiaatteella muiden vaiheiden läpi. Kapeikon materiaalin saanti voidaan varmistaa sopivalla puskurivarastolla, joka huolehtii siitä, ettei materiaali pulaa pääse syntymään esimerkiksi edellisen tuotantovaiheen häiriötapauksissa. /23, s. 6/

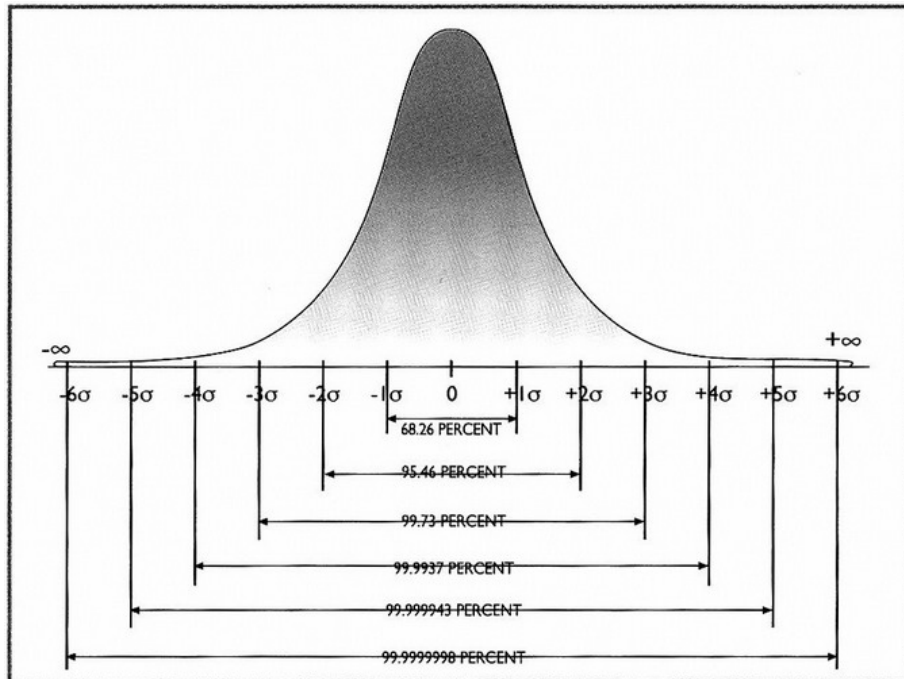
Sijoittamalla välivarasto ennen pullonkaulaa ja tahdistamalla työvaiheet kapeikon mukaan saadaan yhdistettyä MRP:n ja JOT:n parhaat puolet. Keskeneräisen tuotannon määrä on pienempi kuin imuohjauksella, ja toiminnan luotettavuus saattaa olla jopa MRP-ohjaustakin parempi. /23, s. 7/

4.7 Six Sigma

Six Sigma on parannusmenetelmä, jonka tavoitteena on vähentää merkittävästi erilaisia virhetapauksia yritystoiminnan eri osa-alueilla. Perusajatuksena on että kaikki yrityksen toimintaan liittyvä tulee voida mitata numeerisesti. Virhetapauksien vähentämistä ei yritetä tehdä korjaamalla niitä jälkikäteen, vaan tavoitteena on ennakoivasti ehkäistä virheiden synty. /28, s. 49, 29, s. 4/

Six Sigma-ajattelutavan tärkeimpänä kehittäjänä voidaan pitää Motorolan insinööriä Bill Smithiä. Motorola aloitti 70-luvun lopulla laadunkehittämiskampanjan. Bill Smithin anti tälle kehitysprojektille 80-luvun puolivälissä oli hänen Six Sigma ajattelutapansa, joka keskittyy enemmän ennalta ehkäisevään laajaan toimintatapaan, kuin pienempien yksittäisten parannuskohteiden löytämiseen. /28, s. 49/

Sigma (σ) on kreikkalainen aakkonen jota käytetään yleisesti tilastotieteissä symbolina keskihajonnalle. Sigman esiintymistä normaalijakaumassa voidaan ajatella kuvaavan virheiden määrää liiketoiminnassa. Hajonnan sisälle jäävä osa on tuotannon aiheuttama tulos, ja ulkopuolelle jäävä osa kuvaa virheiden määrää. Kuvassa 11 on esitetty sigmojen osuus normaalijakaumassa. Yhden sigman sisään jäävä osa vastaa noin 68 %, ja vastaavasti kuuden sigman osuus 99.9999990 %. Six Sigman tavoitteena on siis äärimmäisen pieni virheiden määrä, vain 3,4 virhettä miljoonassa suoritteessa. /28 s. 49; 29, s. 4; 30, s. 25/



Kuva 11. Sigmojen osuus normaalijakaumassa. /31, s. 27/

4.8 Tuotannonohjauksen suunnittelu

Tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelun ensimmäinen askel on selvittää nykyisen järjestelmän taso. Tähän kuuluvat sekä itse ohjausjärjestelmä että organisaation osien edellytykset toimivan järjestelmän laatimiseen. Jotta tuotantoa voidaan ohjata tehokkaasti, tulee sen toiminta olla selväpiirteistä ja johdonmukaista. Tämä johdonmukaisuus tulee ulottua myös organisaation ylemmille tasoille kuten suunnitteluun. Toimivan tuotannonohjauksen edellytyksinä on yrityksen sisäisen laatu toiminnan korkea taso, jolloin jokainen yrityksen osa tietää tarkasti omat vastuunsa ja tehtävänsä. Vain tällöin voidaan olettaa tuotannonohjauksen toimivan halutulla tavalla. /12, s. 14/

5. Tuotantotieto- ja toiminnanohjausjärjestelmät

Kaikkea yrityksen sisäistä tuotantoon liittyvää tietoa kutsutaan yhteisellä nimellä tuotantotieto. Tuotantotieto pitää sisällään yleisen työnteon kannalta oleelliset tiedot, sekä tuotantoprosessien ja -ohjauksen sisältämät asiat, ja lisäksi tuotetiedon. Tuotantotiedonohjaukseen ja hallintaan on erilaisia tietoteknisiä sovelluksia, jotka mahdollistavat monimutkaistenkin järjestelmien hallinnan.

Toiminnanohjausjärjestelmät (ERP) ovat keino nitoa yrityksen kaikki toiminnot yhteen selväksi, toimivaksi kokonaisuudeksi. Niillä pyritään saamaan tuotannon, myynnin ja jakelun toiminnot yhtenäisesti toimivaksi paketiksi. Tähän tarkoitukseen tehtyjä tietokoneohjelmia on tarjolla monilta eri valmistajilta.

Tuotetiedonhallinnalla (PDM) tarkoitetaan tuotteeseen liittyvää tietoa koko sen elinkaaren ajalta. Kenneth McIntosh määrittelee tuotetiedonhallinnan seuraavasti: /32, s. 18/ *"Tuotetiedonhallinta on systemaattinen tapa suunnitella, hallita, ohjata ja valvoa kaikkea sitä tietoa, jota tarvitaan tuotteen dokumentoimiseksi, tuotteen kehittämis-, suunnittelu-, valmistus- ja testausprosessien ja käytön aikana, tuotteen koko elinkaaren ajan."* Liitteessä 3 on lyhyt katsaus markkinoilla oleviin toiminnanohjausohjelmistoihin. Siinä on lueteltu viiden eri valmistajan ohjelmistojen tärkeimpiä ominaisuuksia.

6. Tuottavuuden kehitys kaarihitsauksessa

Hyvän tuotannon ohjattavuuden edellytyksenä on tehokas tuotanto. Tuotannon tehokkuutta voidaan arvioida erilaisilla tunnusluvuilla. Näitä ovat luvussa 3.1 esitetyt yleispätevät tunnusluvut ja luvun 6.1 esittämät hitsaavan tuotannon tunnusluvut. Hitsaustuotannon kehittämisen osa-alueet voidaan jakaa seuraavasti: /33/

1. Hitsausprosessien tehostaminen ja tehokas käyttö
2. Hitsausaineet ja laitteet
3. Hitsattavien osien esi- ja jälkikäsitteilyt
4. Hitsien koko, muoto ja sijoittelu
5. Suunnittelu ja valmistus
6. Käsinhitsaus, mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus
7. Asemointi-, kiinnitin- ja silloitustekniikat
8. Anturointi ja tietotekniikka
9. Layout- ja materiaalivirrat
10. Laadunhallinta
11. Työturvallisuus.

6.1 Hitsaustuotannon tuottavuuden tunnusluvut

Hitsaavassa tuotannossa on kaksi tärkeää tunnuslukua, jotka kuvaavat hyvin tuotannon tehokkuutta. Nämä ovat hitsauksen kaariaikasuhde ja sulatusteho. Ne antavat tärkeää numerotietoa tuotannon kehityksen suunnasta ja ovat usein sopivia myös samantyyppisten yritysten väliseen vertailuun. Kaariaikasuhde kertoo hitsauksen aikana tapahtuvan jalostavan työn osuuden kokonaistyöstä. Sulatusteho kertoo karkeasti työn tehokkuuden, ja sitä kautta sen kuinka hyvin hitsauksen prosessiparametrit, kuten hitsausvirta, -jännite ja lisäaine, ovat hallussa. Kolmantena merkittävänä hitsaustuotannon toimintaa kuvaavana tunnuslukuna voidaan pitää läpäisyaikaa. Sen puutteena on kuitenkin kyvyttömyys antaa konkreettista tietoa itse hitsaustapahtuman suorituksesta. /33/

Robotisoidussa hitsauksessa tulee edellä mainittujen lisäksi ottaa huomioon vielä yksi tunnusluku, toimintahäiriöt. Häiriötön toiminta on edellytys tehokkaalle robottihitsaukselle. /34, s. 4/

Kaariaikasuhde [%] /33/

$$Kaariaikasuhde = \frac{Kaariaika}{Kokonaistyöaika} \quad (1)$$

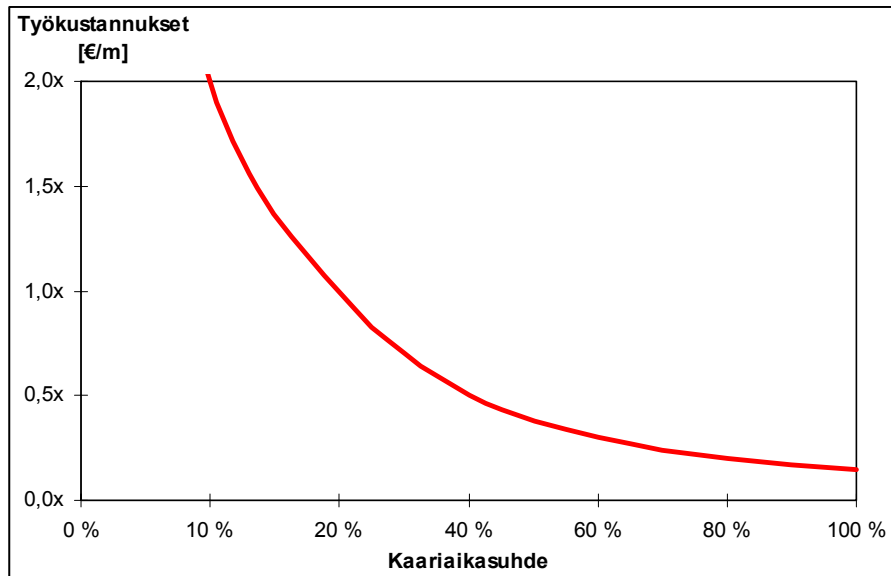
jossa	Kaariaika	on se aika jolloin kaari palaa
	Kokonaistyöaika	on kaariajan ja muuhun työhön käytetyn ajan summa

Sulatusteho [kg/h] /33/

$$Sulatusteho = \frac{Sulatettu\ lisäaine}{Aikayksikkö} \quad (2)$$

jossa	Sulatettu lisäaine	on hitsaustyössä sulatetun lisäaineen määrä
	Aikayksikkö	on ajanjakso, jolla tarkkailu suoritetaan

Kaariaikasuhde on yleisesti robotisoidussa hitsauksessa esimerkiksi 60–80 %, kun se vastaavasti käsinhitsauksessa on korkeintaan 20–30 %. /33/ Kaariaikasuhteen voidaan todeta vaikuttavan ratkaisevasti hitsauksen työkustannuksiin (Kuva 12). Työkustannukset ovat merkittävin osa hitsauksen kokonaiskustannuksista tyypillisimmissä hitsaustuotannoissa. /35/



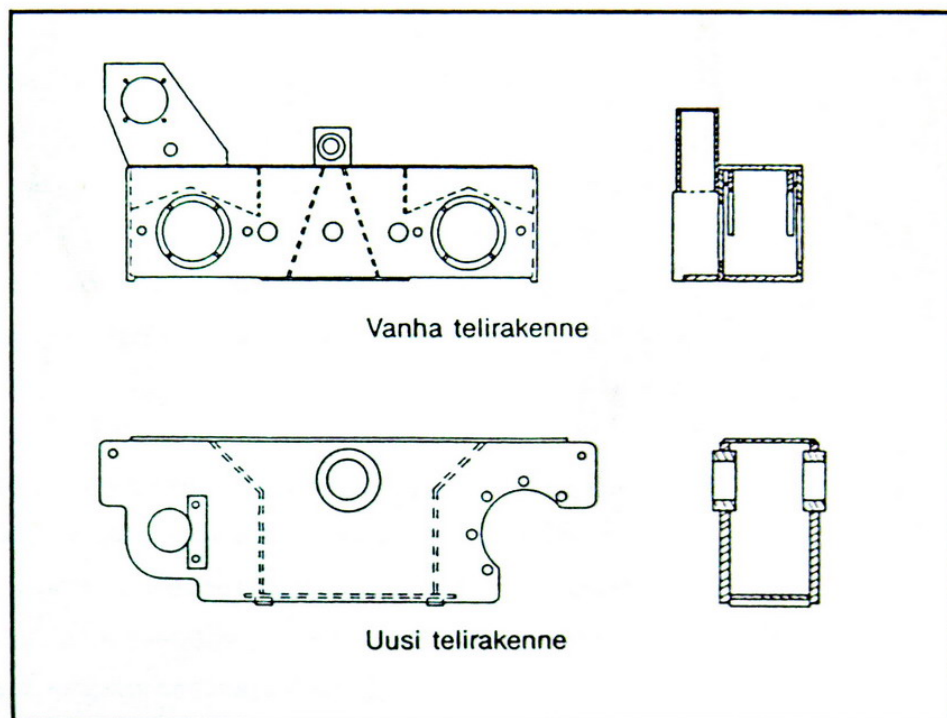
Kuva 12. Kaariaikasuhteen vaikutus hitsauksen työkustannuksiin. /35/

6.2 Hitsattavan rakenteen suunnittelu

Hitsattavan rakenteen suunnittelussa määrätään jopa 80 % valmistuskustannuksista. Suunnittelu on siksi äärimmäisen tärkeä vaihe myös valmistettavuuden kannalta. Hitsattavan tuotteen valmistuksen helpottaminen käy parhaiten vähentämällä hitsien määrää ja kokoa. Suunnittelija voi vaikuttaa näihin seuraavilla keinoilla: /11, s. 11–12/

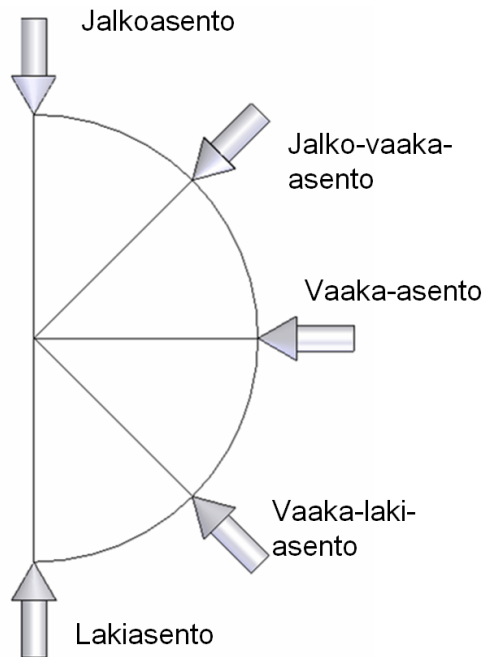
- Turhien osien poisto, esimerkiksi vahvikkeiden ja jäykkääjien käyttö vain oikeasti tarpeellisissa kohteissa
- Epämääräisten hitsausliitosten välttäminen
- Hitsauksen määrän vähentäminen käyttämällä särmäystä, taivutusta ja laserleikkausta
- Tuotteiden vakiointi ja modulointi
- Alumiinirakenteiden toteuttaminen pursotetuista profiileista ja levyistä
- Materiaalinimikkeiden vähentäminen
- Valmistusystävällisten materiaalien valitseminen.

Minkä tahansa osan tuotesuunnittelu voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa suunnitellaan rakenteen toimintaperiaate, esimerkiksi ristikko, ja mitoitetaan rakenne. Toisessa suunnitteluvaiheessa mietitään rakenteen yksityiskohdat, kuten koneenosien, laakereiden, korvakkeiden ja muiden vastaavien kiinnitykset. Rakenteen valmistuskustannukset lisääntyvät huomasti toisen suunnitteluvaiheen aikana. Tämän takia olisi kannattavaa pyrkiä saamaan aikaiseksi mahdollisimman yksinkertaisia ratkaisuja, sillä niiden käytännön toteutuskin on usein helpointa. 3D-suunnitteluohjelmat helpottavat paljon tuotesuunnittelua, ja tekevät usein mallikappaleiden valmistuksen lähes tarpeettomaksi. /11, s. 11/ Kuvassa 13 on esitetty kaksi täysin samat rakenteelliset vaatimukset täyttävää vaihtoehtoista kokoonpanoa. Uusi rakenne on massaltaan ja valmistusajaltaan vain noin puolet vanhasta.



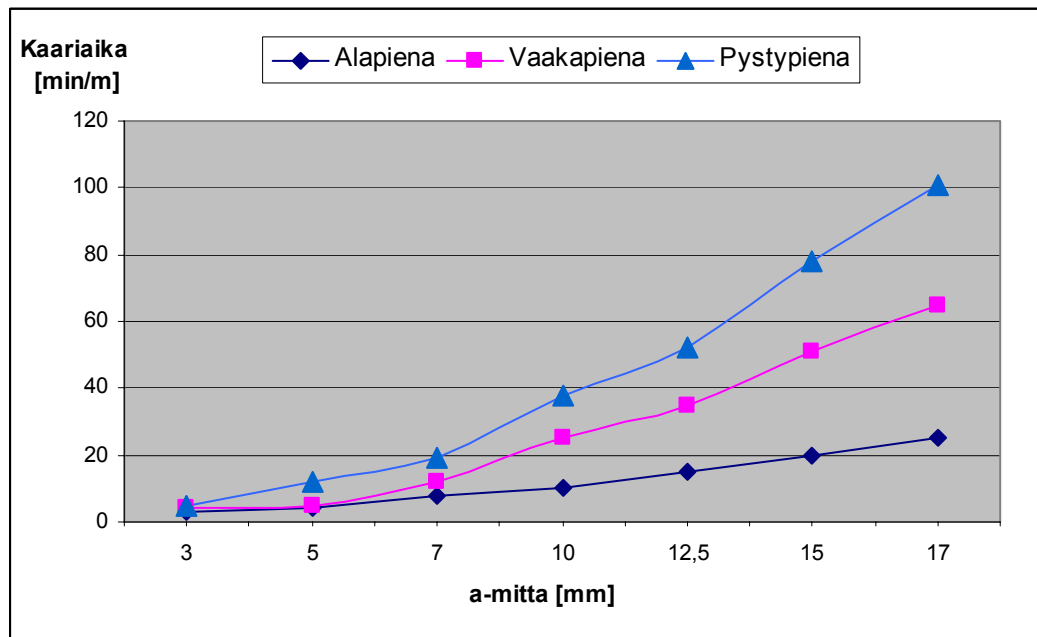
Kuva 13. Periaatekuva satamanosturin telirakenteen kahdesta erilaisesta konstruktiosta. /11, s. 12/

6.3 Hitsausasennon vaikutus tuottavuuteen



Kuva 14. Hitsausasennot yksinkertaistetusti esitettynä.

Hitsausasunnoista puhuttaessa tarkoitetaan kuvassa 14 esitettyjä asentoja. Hitsausasennolla on huomattava merkitys tuottavuuteen. Se perustuu sulatustehoon, joka on painovoiman ja sulanhallinnan ansiosta suurin jalkoasennossa hitsattaessa. Kuvasta 15 nähdään että etenkin suuremmilla amitoilla on alapiena-asennossa hitsaaminen huomattavasti tehokkaampaa. Hitsauskustannukset kasvavat samassa suhteessa hitsausajan kanssa.



Kuva 15. Hitsausasennon vaikutus tuottavuuteen. /36/

Suhteellisesti arvioituna eri hitsausasentojen tuottavuus a-mitan muuttuessa nähdään taulukosta 3. Siinä on kuvattu hitsausaikojen määrän kasvu suhteessa alapienahitsaukseen eri a-mitan arvoilla. Taulukosta nähdään selvästi, että jo vaakapienahitsauksessa hitsausaika lisääntyy merkittävästi alapienahitsaukseen verrattuna.

Taulukko 3. Hitsausasennon suhteellinen vaikutus tuottavuuteen erilaisilla a-mitoilla. /36/

a-mitta	Alapiena	Vaakapiena	Pystypiena
3	100 %	133 %	167 %
5	100 %	125 %	300 %
7	100 %	150 %	238 %
10	100 %	250 %	380 %
12,5	100 %	233 %	347 %
15	100 %	255 %	390 %
17	100 %	260 %	404 %

6.4 Hitsauskustannukset

Hitsauskustannusten laskennalla voidaan arvioida tuotteen valmistuksen hintaa. Liitteessä 4 on esitetty tavalliseen kaarihitsaukseen soveltuvia hitsauskustannusten laskulausekkeitä. Kustannukset voidaan laskea hyvin tarkasti, kun tiedetään seuraavat hitsauksen osakustannukset: /37, s. 58/

Hitsausainekustannukset	Valmistuskustannukset	Konekustannukset
– Hitsauslisäaineet	– Työ	– Pääoma
– Suojakaasut	– Energia.	– Kunnossapito.
– Hitsausjauheet.		

Hitsauskustannusten pienentäminen

Hitsauskustannuksien pienennyskeinoja: /33/

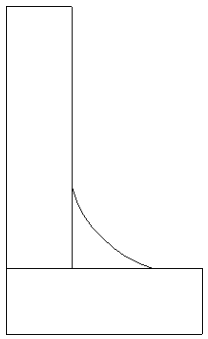
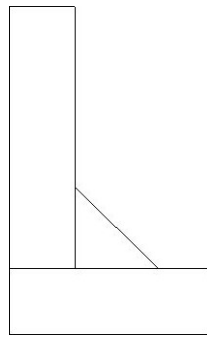
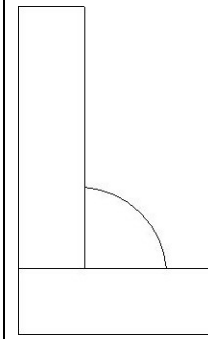
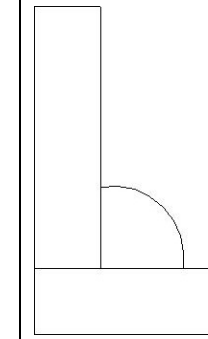
- Hitsien määrän vähentäminen
- Pienahitseissä suuren a-mitan korvaaminen hitsin pituuden kasvattamisella
- Päittäishitseissä hitsin kuvun pois jättäminen
- Hitsattavien osien valmistustarkkuuden parantaminen
- Työturvallisuuden ja ergonomian parantaminen
- Tunkeuman hyväksikäyttö pienahitseissä SFS 2373 mukaisesti.

	a-mitta	Hitsiainemäärä	Suhteellisesti
Lujuuslaskenta (Laskentastandardi)	4 mm	126 g/m	1
Suunnittelija (Varmuuden vuoksi)	5 mm	196 g/m	1,6
Hitsaaja (Varmuuden vuoksi)	6 mm	283 g/m	2,3
Pienahitsin hitsiainemäärä [g/m] $= a\text{-mitta} \times a\text{-mitta} \times 7,85$			

Kuva 16. Pienahitsin koko ja hitsiainemäärän kasvu eri vaiheissa. /35/

Pienahitsin lopullinen a-mitta suurenee alkuperäisestä, riittävästä, koostaan kuvan 16 esittämällä tavalla. Lujuuslaskennan antama a-mitta koetaan usein riittämättömän kokoisena, jolloin sitä suurennetaan suunnitteluvaiheessa. Tuotannossa hitsaaja lisää edelleen a-mitan kokoa, vaikka mitään selvää tarvetta ei tälle olekaan. Työpäivän edetessä hitsaaja väsyä ja a-mitta kasvaa usein vieläkin suuremmaksi, jolloin hitsauksen tuottavuus ja taloudellisuus alentuvat merkittävästi. Mekanisoidussa tai automatisoidussa hitsauksessa ei tietenkään ole hitsaajan uupumisesta aiheutuvia ongelmia.

Pienahitsejä hitsattaessa tulee ottaa myös huomioon hitsin kuvun vaikutus tarvittavan lisäaineen määrään. Kuva 17 havainnollistaa kuinka hitsin kupu lisää tarvittavan lisäaineen määrää. Tarpeettoman suuri hitsin kupu vaikuttaa suoraan hitsauskustannuksiin ja -aikaan. Lisäksi tarpeettoman suuri kupu vähentää pienahitsin jouhevuutta ja sitä kautta alentaa liitoksen väsyttävän kuormituksen kestoja. /35/

				
Hitsiainemäärä	0,65	1	1,5	1,75
Elinikä	1,5	1	0,75	0,5

Kuva 17. Pienahitsin kuvun suhteellinen vaikutus hitsiainemäärään ja hitsauksen väsyttävän kuormituksen kestoan. /35/

Yksi keino vähentää lisäainekustannuksia ja hitsausaikaa on käyttää suuren a-mitan ja pienen hitsin pituuden sijasta pienempää a-mittaa ja pidempiä hitsejä. Tällöin saavutetaan usein yhtä luja lopputulos, mutta säästetään hitsiaineessa ja hitsausajassa. Alla olevassa taulukossa on arvioitu hitsin pituuden ja a-mitan muutoksien vaikutusta hitsien massaan ja hitsausaikaan esimerkitapauksessa.

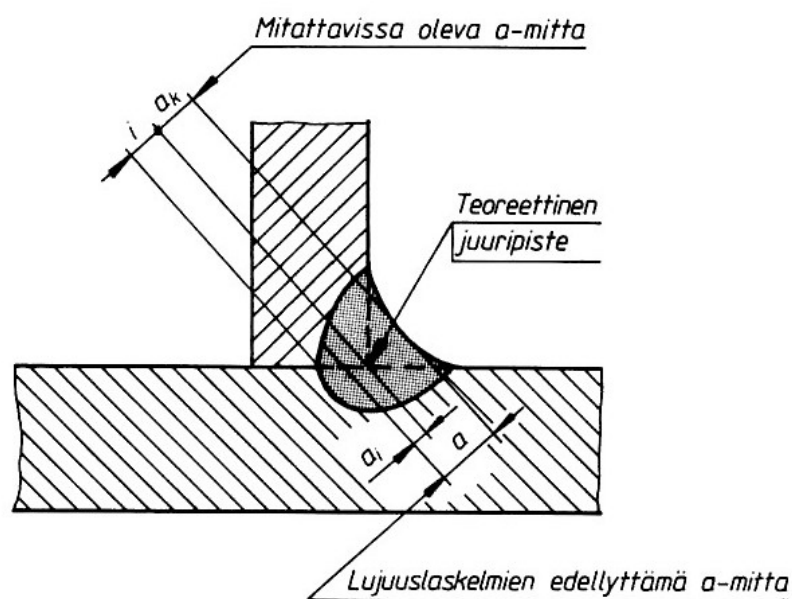
Tässä tapauksessa hitsien kokonaiskappalemäärä on 1200 ja kaariaikasuhte on 25 %. /38, s. 12–13/

Taulukko 4. Hitsin mitoituksen vaikutus hitsiaineen määrään ja hitsausaikaan.
/38, s. 12/

	L=165 mm a=6,5 mm	L=195 mm a=5,5 mm	L=240 mm a=4,5 mm
Yksittäisen hitsin massa	59 g	49 g	38 g
Hitsien kokonaismassa	70 kg	58 kg	45 kg
Kaariaika	65 h	52 h	38 h
Kokonaishitsausaika	260 h	207 h	152 h

6.5 Tunkeuman hyväksikäyttö pienahitsauksessa

Hitsattaessa suuren tunkeuman perusaineeseen aikaansaavilla menetelmillä, kuten MIG/MAG-hitsaus, voidaan hitsin mitoituksessa käyttää hyväksi tunkeuman vaikutusta. Tätä on ohjeistettu standardissa SFS 2373. Kuva 18 selvittää tarkemmin tunkeuman hyväksikäytön mahdollisuudet.



Kuva 18. Tunkeuman hyväksikäyttö a-mitassa. /39 s. 8/

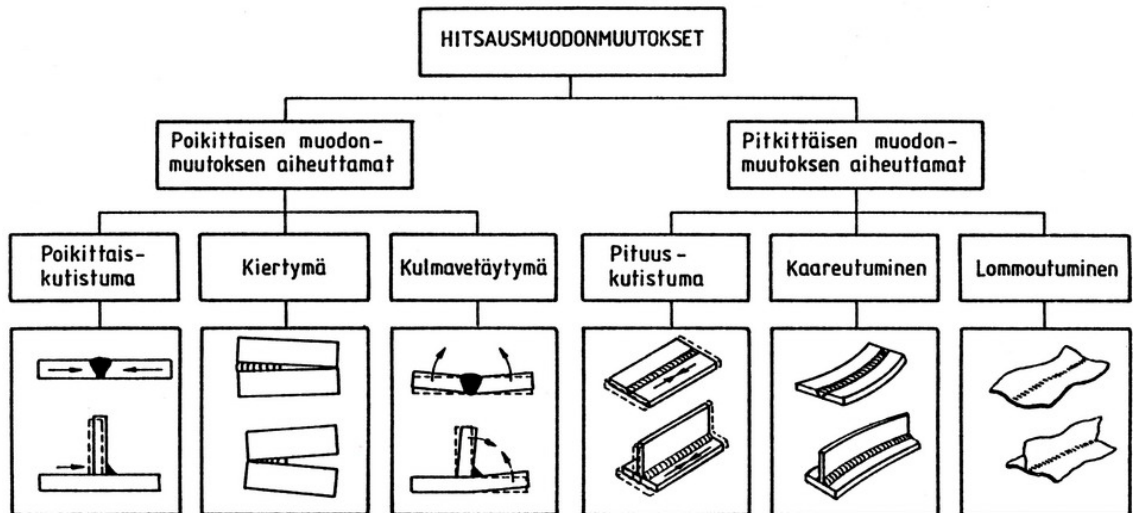
SFS 2373:n mukaisesti a-mittaa määritettäessä voidaan teholliseksi tunkeumaksi hyväksyä $0,2 \times a$. Luotettavin menetelmäkokein todetusta mitattavissa olevasta tunkeumasta i voidaan käyttää 50–90 % tehollisena tunkeumana a_i , kuitenkin enintään 2 mm. /14, s. 40, 39 s. 8/ Esimerkiksi lujuuslaskelmien edellyttämän 5 millimetrin a-mitta voidaan pienentää tietyssä tapauksessa 4 millimetriin käyttäen yllä olevaa laskutapaa. Hitsin poikkipinnan pieneneminen saadaan tällöin seuraavasti:

$$1 - \frac{4 \times 4}{5 \times 5} = 46\%$$

Saatua tulosta voidaan suoraan soveltaa lisäainekustannuksien laskentaan, eli lisäainetta kuluu 46 % aikaisempaa vähemmän, ja hitsi saadaan aikaiseksi yhdellä palolla. Lisäksi tunkeuman mitoituksessa hyväksikäytön etuina ovat nopeamman hitsausajan ja tuottavuuden kasvun lisäksi pienemmän lämmöntonni ansiosta vähäisemmät muodonmuutokset.

6.6 Hitsausmuodonmuutokset

Hitsausmuodonmuutokset ovat usein merkittävä ongelma hitsattaessa mitä tahansa rakennetta. Ne johtuvat aineen epätasaisesta kuumenemisesta hitsauksen aikana. Kun hitsauksen aiheuttaman kuumen alueen lämpöpitäminen on lähes aina estynyt, materiaali joutuu tyssäytymään paikallisesti. Jäähtyessään nämä tyssäytyneet alueet kutistuvat alkuperäistä pienemmiksi ja aiheuttavat kuvan 19 kaltaisia muodonmuutoksia.



Kuva 19. Hitsausmuodonmuutokset. /40, s. 183/

6.7 Hitsauskiinnittimet

Hitsauskiinnittimet ovat käytännössä pakollinen osa robottihitsausta. Ilman kunnollisia kiinnittimiä ei kyettäisi paikoittamaan hitsattavia materiaaleja robottihitsauksen vaatimalla tarkkuudella. Robottihitsauksen kiinnittimet ovat usein hieman suurempia, kiinteitä ratkaisuja, jotka on suunniteltu hyvin tarkasti ja tapauskohtaisesti. /41, s. 3/

Muistilista hitsauskiinnittimen suunnittelijalle: /33/

1. Onko kiinnittimen rakenne ja laatu sopusoinnussa kappaleen vaatimusten ja valmistusmäärän kanssa?
2. Onko valmiina saatavat kiinnittimet tai kiinnitinkomponentit hyödynnetty?
3. Päästääkö robotilla hitsaamaan kaikki tarvittavat hitsit ilman erityistoimenpiteitä ja robotin turhia liikkeitä?
4. Voidaanko osat ladata helposti kiinnittimeen ja onko kappale varmasti poistettavissa?
5. Onko osat paikoitettu tarkoituksenmukaisella ja yksiselitteisellä tavalla?
6. Onko tuotesuunnittelu tietoinen kiinnitintekniikan mahdollisuuksista ja rajoituksista? Voidaanko kiinnitintä yksinkertaistaa kappaleen konstruktio muutoksin?

7. Onko hitsauksen paluuvirran reitti tarkoituksenmukainen?
8. Onko hitsausjärjestyksen valinnan tarjoamat mahdollisuudet käytetty hyväksi?
9. Onko osien mahdolliset mitta- ja muotoepikeamat otettu huomioon?
10. Onko hitsausvetelyt ja muodonmuutokset otettu huomioon?
11. Onko hitsausroiskeiden vaikutus otettu huomioon?
12. Onko kiinnitin dokumentoitu?

6.8 Robotilla hitsattavan tuotteen suunnittelu

11 robottihitsattavan tuotteen suunnittelusääntöä: /42, s. 9/

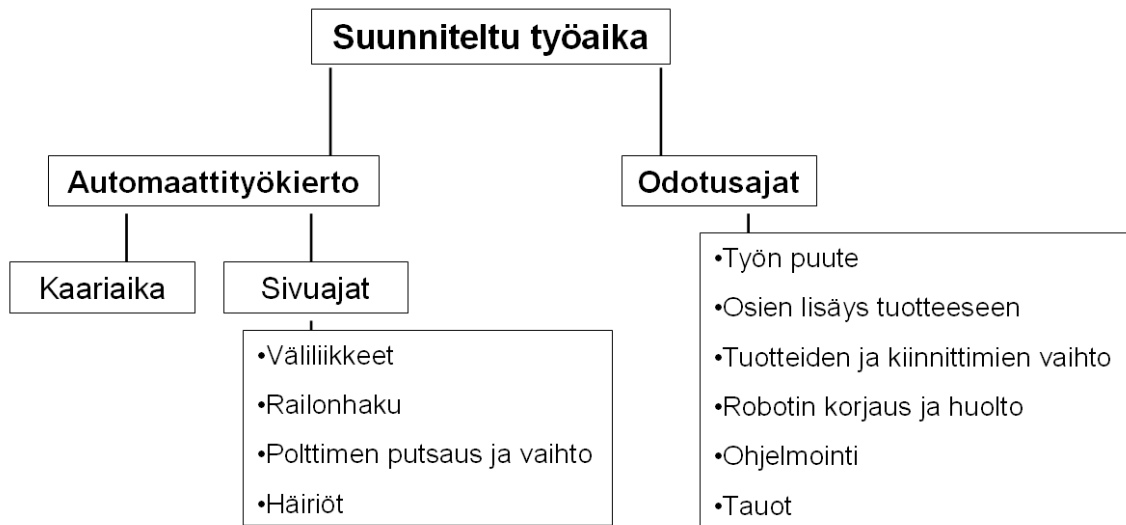
1. Hitsien lukumäärä ja mitat minimoidaan.
2. Käytetään vain helposti robottihittavia liitos- ja railomuotoja.
3. Kiinnitinvalmistuksen yksinkertaistamiseksi suositetaan rakenteita, joissa osat paikoittavat itse itsensä.
4. Hitsit pyritään sijoittamaan kappaleen ulkopinnoille.
5. Hitsausta korvaavia valmistusmenetelmiä pyritään suosimaan.
6. Valmistusvaiheiden lukumäärä minimoidaan.
7. Tuotteet suunnitellaan siten, että voidaan käyttää laadullisesti edullisia ja tuottavia hitsausasentoja.
8. Mitoituksessa mietitään tarkoin sellaisten valmistustoleranssien välttämättömyys, jotka edellyttävät koko tuotteen hitsauksen jälkeistä koneistusta. Tarkat toleranssit asetetaan pieniin moduuleihin tai osakokoonpanoihin, jotka voidaan koneistaa kohtuullisen kokoisilla koneilla ennen kokoonpanohitsausta.
9. Materiaalinimikkeet (laadut ja mitat) standardoidaan. Samassa tuotteessa ei saa esiintyä yli 3 levylaatua.
10. Ohjelmoinnin ja kiinnitinvalmistuksen rationalisoimiseksi suunnitellaan moduuleja, joita voidaan käyttää useissa lopputuotteissa.
11. Seurataan konstruktioiden kehitystä tunnuslukujen avulla: /43, s. 36–44/
 - Materiaalinimikkeiden lukumäärä
 - Osien keskimääräinen paino

- Hitsimäärä (m tai kg) suhteessa tuotteen painoon
- Työvaiheiden lukumäärä
- Suunnitellut ja toteutuneet kustannukset
- Laatuilastot.

Robottihitsattavien kappaleiden railonvalmistuksissa tarkkuus on oltava normaalia selvästi parempi. Pieni mittamuutos esimerkiksi railokulmassa vaikuttaa merkittävästi tarvittavaan lisäainemäärään. Robotti hitsaa ohjelman mukaisesti ja ei osaa omatoimisesti muokata hitsausparametreja, jolloin hitsauksen lopputulos ei olekaan sitä mitä pitäisi. Myös hitsattavien materiaalien mitoitus on oltava selvästi käsinhitsausta tarkempaa edellä mainitusta syystä. Nykyaikaisella railon seurantalaitteistolla varustetut robotit osaavat tehdä havaintoja railotilavuuden muutoksessa, ja sitä kautta säätää hitsausparametreja. Tällainen laitteisto on kuitenkin vielä nykypäivänä harvinaisempi pienessä ja keskisuuressa teollisuudessa. Robotisoitu hitsaus tulisi aina ottaa käyttöön kokonaisvaltaisesti, eli samoja tuotteita ei hitsattaisi sekä robotilla että käsin. Vain tällöin saadaan kaikki robottihitsauksen hyödyt käytettyä. /42, s. 9/

6.9 Robottihitsauksen tehostaminen

Robottihitsauksen tehostamisen perusedellytyksenä on tuntee robotin työkierron rakenne ja kyetä löytämään sieltä todellisten sovellusten ongelmallisimmat kohdat. Työajan jakautuminen robottihitsauksessa voidaan ilmaista kuvan 20 esittämällä tavalla.



Kuva 20. Robotin suunnitellun työajan jakautuminen. /34, s. 4/

Robottihitsauksen tehokkuutta voidaan kuvata hitsausajan käännteislukuna. Kaarihitsauksessa hitsausaika muodostuu seuraavista tekijöistä: /44, s. 20/

1. Hitsimäärä, johon vaikuttaa hitsin mitoitus
2. Hitsiaineen tuotto, joka riippuu hitsausprosessista ja -parametreista
3. Kaariaikasuhde, joka määräytyy hitsauksen mekanisointiasteen perusteella.

Robottihitsauksen tuottavuuden tarkastelussa on usein merkityksetöntä keskittyä tarkastelemaan jotain tiettyä tunnuslukua. Lukujen tarkastelu tulisi olla kokonaisvaltaisempaa. /34/ Taulukko 5 ilmaisee eräessä esimerkkitapauksessa eri osa-alueiden tehostamisen vaikutuksen tuotantoaikaan. Taulukkoon on laskettu toimenpiteiden vaikutukset tuotteen tuotantoaikaan kahdella eri odotusaikojen osuudella, 50 ja 30 %.

Taulukko 5. Toimenpiteiden vaikutus esimerkkirobotin toimintaan. /34/

		Automaattityökierto	
Toimenpiteet, automaattityökierto:		50 %	70 %
	Sulatusteho +50 %	-18 %	-25 %
	Aistinta-ajat -30 %	-2 %	-3 %
	Häiriöt -70%	-1 %	-1 %
	Väliliike-ajat -30%	-1 %	-2 %
	Polttimen huoltoajat -30 %	-1 %	-2 %
	Σ	-23 %	-32 %
Toimenpiteet, odotusaika:			
	Työn puute -30%	-6 %	-4 %
	Tauot -50 %	-4 %	-2 %
	Asetusajat -50%	-8 %	-5 %
	Kiinnittimen vaihto -50 %	-3 %	-2 %
	Σ	-20 %	-12 %

7. Putkien päittäisliitoksiin soveltuvat vastushitsausmenetelmät

Leimuhitsaus

Leimuhitsauksessa työkappaleen päät asetetaan vastakkain ja kappaleiden läpi johdetaan hitsausvirta. Päät ovat joko kosketuksissa toisiinsa, tai niiden välillä on pieni ilmarako. Kappaleiden päiden ei tarvitse olla täysin yhdensuuntaiset ennen hitsauksen aloittamista. Kappaleiden välille muodostuvat valokaaret kuumentavat työkappaleiden pinnat, ja lopullinen hitsautuminen saadaan aikaan puristamalla kappaleet toisiinsa. Leimuhitsattavat poikkipinnat vaihtelevat välillä 10–25000 mm² ja pienin hitsattava aineenvahvuus on noin 1 mm. /45, s. 130–132; 46/

Leimuhitsaustapahtuma voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: /45, s. 130–131/

1. Etulämmitys

- Kappaleiden pinnat kuumennetaan lähelle sulamislämpötilaa
- Tarpeeton työvaihe esimerkiksi ohuilla profiileilla.

2. Leimuaminen

- Kappaleiden pinnat sulavat ja muuttuvat muodoiltaan yhdensuuntaisiksi
- Leimuamisvaiheen virta katkaistaan ennen seuraavaa vaihetta, mutta katkaisuaikankohta tulee miettiä tarkasti.

3. Puristus.

- Puristusnopeus on säädettävä siten, että pinnoilla olevat hapettumat ja epäpuhtaudet saadaan poistettua railosta
- Puristusvoima on yleensä 10–40 N/mm².

Tyssähitsaus

Tyssähitsauksessa kappaleet puristetaan toisiaan vasten ennen hitsausvirran kytkentää, ja puristusta myös jatketaan hitsausvirran katkaisemisen jälkeen. Tyssähitsaus on leimuhitsausta vaativampi menetelmä työkappaleiden hitsattavien pintojen suoruuden ja puhtauden suhteen. Hitsattavilla pinnoilla ei saisi esiintyä merkittäviä määriä kuonaa, valssihilsettä tai muita epäpuhtauksia. /45, s. 133–134/

Tyssähitsattavat kappaleet ovat usein poikki-pinnaltaan merkittävästi leimuhitsattavia pienempiä. Poikki-pinta-ala on teräksillä tyypillisesti välillä 0,1–200 mm², mutta myös tätä suurempien poikki-pinta-alojen hitsaukseen soveltuvia laitteita on olemassa. Puristusvoima on tyssähitsauksessa tyypillisimmin välillä 5–10 N/mm². /45, s. 134/

8. Takaisinmaksuajan investointilaskentamenetelmä

Yrityksen tekemiä investointeja voidaan yksinkertaisimmillaan arvioida takaisinmaksuajan investointilaskentamenetelmällä. Se ei mittaa lainkaan investoinnin kannattavuutta, vaan sillä arvioidaan ajanjakso, jonka aikana investoitu rahamäärä tulee takaisinmaksetuksi. Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuaika saadaan laskettua seuraavasti: /47, s. 55–56/

$$\sum_{t=1}^{n^*} S_t - H = 0 \quad (3)$$

jossa S_t on investoinnista saatavat nettotulot vuonna t
 H on perusinvestointi
 n^* on takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan lauseke saadaan suoraan seuraavasti:

$$n^* = H/S \quad (4)$$

Yllä olevat lausekkeet eivät ota korkokustannuksia huomioon. Kun myös korkokustannukset huomioidaan lisäämällä lausekkeeseen laskentakorko i , saadaan lauseke 4 muodostettua seuraavan näköiseksi:

$$\frac{1 - (1+i)^{-n^*}}{i} \times S - H = 0 \quad (5)$$

Lausekkeesta 5 saadaan muodostettua takaisinmaksuajan lauseke 6:

$$n^* = \frac{-\ln(1 - i \times \frac{H}{S})}{\ln(1+i)} \quad (6)$$

9. Yrityksen nykytilan kuvaus

Ensimmäinen ja samalla tärkein vaihe tämän diplomityön käytännön osuudesta on organisaation nykytilan selvittäminen. Se luo pohjan erilaisille kehitysnäkymille ja auttaa myös yritystä saamaan paremman kuvan vallitsevasta tilanteesta. Nykytilaa selvitettiin haastattelemalla eri osastojen työntekijöitä, tekemällä omia havaintoja yrityksen eri osa-alueista sekä arvioimalla tiettyjä tuotannon tunnuslukuja.

9.1 OC-System Oy:n tuotevalikoima

OC-System Oy:n tuotteet voidaan jakaa karkeasti kahteen eri kategoriaan: verkkotuotteet ja tilatuotteet. Molempien alan tuotteissa on pyritty saamaan aikaan asiakkaan toiveiden mukaisia ratkaisuja, vaikka verkkotuotteissa onkin hyvin paljon vakiotuotteita.

9.1.1 Verkkotuotteet

Verkkotuotteet ovat suurimmaksi osaksi tuotekuvastosta löytyviä vakiotuotteita. Asiakkaat tilaavat tuotteet nimikekohtaisesti tai halutessaan pyytävät jonkinlaisen kokonaisratkaisun, jolloin nimikkeiden päättäminen jää suunnittelijan tehtäväksi. Verkkotuotteiden käyttökohteita ovat erilaiset tuotantotilojen vaatimat suojaseinät, kuten koneiden ja tuotantolinjojen suojarakenteet. Tuotekuvasto koostuu erilaisista verkkoelementeistä, niiden kiinnittimistä, oviaukoista sekä oheistarvikkeista ja pitää sisällään yhteensä noin sata eri nimikettä. Tyypillinen verkkoseinäratkaisu nähdään kuvassa 21.



Kuva 21. Verkkosuojaseinä. /1/

Verkkotuotekokonaisuudet valmistetaan asiakkaan tilojen perusteella, jolloin saadaan aikaiseksi mahdollisimman tehokkaasti toimiva ratkaisu sekä työturvallisuuden että tilankäytön kannalta. Tuotteisiin voidaan lisätä asiakkaan toivomusten ja vaatimusten perusteella erilaisia aktiivisia turvajärjestelmiä kuten rajakytkimiä ja automaattisia portteja.

Vakioverkko-tuotteiden mitat määräytyvät pitkälti standardien perusteella. Verkkoelementin korkeus on 2100 mm. Kun tähän lisätään 100 millimetrin siivousväli verkon alareunassa, muodostuu kokonaiskorkeudeksi 2200 mm. Tämä korkeus on joskus ollut vaatimuksena ja on sitä kautta määrännyt nykyisten vakioelementtien korkeuden.

Suoja-aitojen mittoja määräävät muun muassa seuraavat standardit:

- SFS-EN ISO 12100-2 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet
- SFS-EN 294 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään yläraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle
- SFS-EN 811 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään alaraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle.

9.1.2 Tilatuotteet

Tilatuotteisiin luetaan äänieristetyt tilaratkaisut. Näitä ovat MELTOR-äänieriste- ja OC-10-tilaelementit sekä ns. vanha valmistustapa, joka ei ole elementtirakenteinen. MELTOR-elementtejä käytetään yleisimmin yksittäisten työkoneiden eristyksessä ja OC-10-elementtejä erilaisien työtilojen, kuten toimistojen, valvomoiden ja taukotiilojen rakenteisiin. Näiden tuotteiden tilaus tapahtuu yleensä suuremman yksittäisen kokonaisuuden tilauksena. Joskus tilaus on hyvinkin yksinkertainen ja se sisältää esimerkiksi jonkun suuremman kokonaisuuden vaikkapa valvomotilan. OC-10 on teknisiltä ominaisuuksiltaan useissa tapauksissa sekä MELTOR että perinteistä tuotetta parempi, mutta sen valmistuksen toteuttaminen ontuu vielä hieman. Kuvassa 22 on esitetty tyypillinen tilaelementeillä toteutettava rakenne.



Kuva 22. Perinteisellä äänieristerakenteella toteutettu tupakointitila. /1/

Perinteisellä tavalla toteutetut tilaratkaisut vaativat erillisen teräsrunгон. Rungon rakenneperiaatteet ovat melko tapauskohtaisia ja sen mitoitus vaatii paljon pientä tietoa asiakkaan tarpeista. Runko on rakenteeltaan tavallisesti suorakaideputkiprofiilia, ja se suunnitellaan helposti kasattavaksi ja kuljetettavaksi. Monet rakenteet kuljetetaan paikan päälle valmiiksi kasattuina, jolloin ne tavallaan vaan nostetaan auton kyydistä paikalleen.

OC-10 elementtirakenne ei vaadi erillistä runkorakennetta, vaan sen runko muodostuu pursotetuista alumiiniprofiileista. Useissa tapauksissa OC-10 rakenteille tehdään kuitenkin teräksinen pohjakehikko, johon alumiiniset pystytolpat kiinnittyvät.

9.2 Tuotantotyyppi ja yleiskuvaus tuotannosta

Yrityksen tuotanto koostuu pääasiassa asiakasohjautuvista tilaustuotteista, joiden valmistusaloitteen antaa myös asiakas. Kuitenkin iso osa tuotannosta on myös vakiotuotantoa. Varastoon tehtäviä tuotteita ovat yleisimmät verkkoelementtiosat, joita tehdään ajoittain varastoon puolivalmisteena, pintakäsittelyä odottamaan. Tuotantoeräkokoo määräytyy sekin asiakkaan tarpeen mukaan, ja voi olla yksittäinen kappale tai suurempi sarja.

Tuotantohenkilöstö koostuu noin 30 työntekijästä. Työntekijät on ryhmitelty työtiimeihin toimialan mukaan. Kussakin tiimissä on 2–4 henkilöä, ja jokaisella tiimillä on oma tiimin sisäinen vastuuhenkilö. Tiimityyppinen toiminta on havaittu tehokkaaksi ja myös tuotannon ohjauksen kannalta helpoksi. Tiimit ja niiden vastualueet on lueteltu taulukossa 6.

Taulukko 6. Työtiimit ja niiden vastualueet. /48/

#	Tiimi	Tehtävät
1	Osavalmistus	Sahaus ja muokkaus
2	Verkko	Vakioverkko-osien valmistus, robotti ja käsihitsaus
3	Maalaus	Kaikkien tuotteiden pulverimaalaus
4	Metso	Vain Metsolle toimitettavien osien valmistus
5	Tila I	Tilaelementtirunkojen valmistus/asennus
6	Tila II	”
7	Tila III	”
8	OC-10	OC-10 elementtien valmistus

Tuotantotilojen kuvaus

OC-System Oy:n tilat koostuvat noin 210 m²:n toimisto- ja 3180 m²:n tuotantotiloista. Tilojen layout on nähtävissä liitteestä 5. OC-System Oy:n tuotantotilat jakautuvat neljään osaan:

- A-halli, 670 m²:
 - Putki- ja ohutlevyvarastot, sahat, särmäyskoneet
 - Hitsausrobotti.
- B-Halli, 940 m²:
 - Verkkojen käsinhitsaus
 - Maalaus
 - Erillinen alumiiniosien valmistustila.
- C-Halli, 750 m²:
 - Kokoonpano
 - Tilarunkojen valmistus.
- D-Halli, 820 m²:
 - Uusi automatisoitu OC-10-elementin kokoonpanolinja.

Tuotannon yleisilme on suhteellisen järjestelmällinen. Tuotantokoneiden ryhmittely sisältää piirteitä sekä funktionaalisesta layoutista että solutuotannosta.

Selkein muista osa-alueista poikkeava kokonaisuus on yksinään tärkeimmän asiakkaan, Metson, tuotteet valmistava tiimi, joka toimii määrättyssä paikassaan lähes itsenäisesti muusta tuotannosta. Tosin Metsotiimikin käyttää muiden tuotannon osien kanssa samoja osavalmistus- ja pintakäsittelykoneita.

Materiaalivarastoja ei ole keskitetty selkeästi johonkin tiettyyn kohtaan vaan ne on sijoitettu ympäri tuotantotiloja aina niiden tarpeellisinta paikkaa lähelle. Esimerkiksi putket ja ohutlevyt varastoidaan A-hallissa osavalmistuskoneiden lähetyillä. Yksi ongelma on kuitenkin tavaran paljous ja tiedonpuute siitä mitä varastoissa todella on. Hyllyiltä saattaa löytyä monen vuoden takaisia tilattuja tavaroita, joita ei välttämättä ikinä tulla tarvimaan. Tällaiset tavarat vaativat paljon tilaa ja sen takia monia tärkeitä tarvikkeita joudutaan varastoimaan lattioille, kulkuväylille yms. Varastotiloja on kuitenkin siistitty työn edetessä. Nyt varastotilaa on yhteensä noin 250 hyllymetriä, joista vain arviolta 10 metriä harvemmin tarvittaville tavaroille.

Tuotantotilojen valaistus ja ilmanvaihto on pääasiassa hoidettu hyvin. Kuitenkin esimerkiksi C-hallin valaistus on usein riittämätön tarkkaan työskentelyyn, ja lisäksi maalauslinjaston ilmanvaihto voisi olla vieläkin parempi. Maalauslinjan ilmanvaihto ei missään nimessä ole kuitenkaan alitehoinen käyttötarkoitukseensa.

Konekanta

Tuotannossa merkittävimmät koneet ovat automatisoitu kokoonpanolinja tilaelementeille ja hitsausrobotti yleisimpien verkkoelementtien hitsaukseen.

Konekanta:

A-halli:

- 1 Vannesaha, ja 2 pyörösahaa teräspankujen katkaisuun
- 2 Levyleikkuria, joista toinen NC-ohjattu
- 4 Särmäyspuristinta
- Hitsausrobotti.

B-Halli:

- Pulverimaalauslinjasto
- MIG/MAG-käsinhitsauslaitteet verkko-osien hitsaukseen
- Erillinen halli alumiiniosien työstöön, jossa kaksi sahaa
- Huollossa tms. tarvittavia koneita mm. hydraulipuristin ja sorvi.

C-Halli:

- Useita hitsauskoneita
- Saha
- Plasmaleikkuri
- Metsotiimin alue, jossa omat koneet.

D-Halli:

- Automatisoitu kokoonpanolinjasto OC-10 elementeille
- Elementtien ohutlevyosien muovaus ja muovituskoneet.

9.3 Tuotannon osien kuvaus ja kuormitusaste

Selkein pullonkaula tuotannossa on edelleenkin pintakäsittelylinja. Sen kapasiteettia on lisätty muun tuotannon kehittymisen seurauksena, mutta kapasiteetti ei ole vielä aivan riittävä. Pintakäsittelylinjalla suoritetaan käytännössä kaikkien verkko- ja OC-10-elementtien pintakäsittely, ja lisäksi suurin osa tilaelementtirungoista käsitellään myös linjalla.

Tällä hetkellä tuotannossa on tiettyjä heikosti kuormitettuja osia, joista tärkeimmät ovat hitsausrobotti ja OC-10 elementtien valmistuslinjasto. Sekä hitsausrobotti, että OC-10 valmistuslinja toimivat molemmat 1-vuorotyössä. OC-10 linjaston toimintavarmuus on ollut alhainen, jonka takia myynti ei uskalla myydä sille täyttä kapasiteettia.

9.3.1 Hitsausrobotti

Tällä hetkellä hitsausrobotilla valmistetaan yleisimmät verkkoaitaelementit ja elementtien jalat. Robottiasema on varustettu pyörivällä vastapöytäparilla, jolloin voidaan samanaikaisesti hitsata toisella puolella, ja toisella asettaa kappaleet kiinnittimiin. Robotissa ei ole minkäänlaista railonseurantaa. Hitsausrobotti ja sen oheislaitteet ovat ABB:n valmistetta.

Robotilla hitsataan tuoteluettelon hitsattavista tuotenimikkeistä, joita on noin 60 erilaista, vain 7:ää erilaista kappaletta. Tämä määrä on kuitenkin noin 50 % tuotannossa valmistuvasta verkkoelementtien kokonaismetrimäärästä. Hitsauskiinnittimet ovat hyvin yksinkertaiset, mutta toimivat. Kiinnittimiä ei tarvitse käytännössä vaihdella robottiin, vaan tarvittavat kiinnittimet ovat siinä aina kiinni. Verkkoelementin kiinnitin on leveyssuunnassa säätävä, mutta pituussuunnan säätö puuttuu. Robotti ei aina pääse hitsaamaan jalkoasennossa, mutta tällä ei ole näin pienillä a-mitoilla suurta merkitystä. Etenkin 1200 leveällä elementillä robotti ei yllä parhaaseen mahdolliseen asentoon.

Robotilla hitsattavat materiaalit ovat määrämittäisinä toimitettuja, valmiiksi rei'itettyjä lasertyöstettyjä ohutseinäputkia. Verkot ovat myös valmiiksi määrämittäisiin leikattu. Verkkojen mittatoleranssit ovat aika suuret, josta aiheutuu joskus mm. kaarensyttymisongelmia.

Tällä hetkellä kaikki robottihitsatut elementit on käytävä läpi hitsauksen jälkeen, jolloin tarkastetaan pystyputkien sisäosa, ja hitsataan hitsautumattomat langat kiinni. Hiksi ei saisi tunkeutua pystyputkien sisälle, sillä se aiheuttaa hankaluuksia verkkoelementtien välisissä kiinnityksissä. Näin ollen elementin pystyputkien sisään läpipalanutta hitsiä viilataan tarvittaessa käsin. Kiinnihitsautumattomia verkkoja pitää korjata arviolta 1–8 kohdassa elementtiä kohden. Putkien puhkipalaminen on harvinaisempaa, ehkä yksi sadasta kappaleesta vaatii toimenpiteitä.

9.3.2 OC-10 Linjasto

OC-10 elementit valmistetaan automatisoidulla kokoonpanolinjalla. Sitä kuormitetaan vain hyvin pienellä osalla sen kokonaiskapasiteetista. Se on käytössä vain yhden työvuoroajan, eikä siitäkään pyöri kuin pienen osan. Linjasto tekee seuraavat työvaiheet:

1. Vaimennusvillan jyrshintä ja katkaisu
2. Vaimennusaineen, sekä tuotteesta riippuen raskaslevyjen, liimaus ohutlevyihin
3. Liimauksen kuivatus noin 60 °C uunissa
4. Valmiiden elementtien ladonta lavoille.

9.4 Tuotannossa ilmenneitä ongelmia

OC-10 linjaston ongelmat

Uudessa automaattisessa valmistuslinjassa on ilmennyt harmillisen paljon erilaisia ongelmia. Ne liittyvät yleiseen toimintavarmuuteen ja lopputuotteen laatuun. Tuotantohenkilöstön mukaan ongelmia esiintyy myös muissa OC-10 elementtien valmistamiseen liittyvissä laitteissa, kuten rullamuovauslinjastossa.

Jäännösraaka-aineet

Verkkoelementeissä ja joissakin tilaelementtikokonaisuuksien rungoissa käytetään valmistusmateriaalina erilaisia putkiprofiileja ja putkipalkkeja. Suurin osa käsinhitsauksena koottavien kokonaisuuksien osavalmistuksesta hoidetaan talon sisällä. Osavalmistus on pääasiassa putkien määrämittaan sahausta. Kun täysimittaisesta putkesta jää sahauksesta jäljelle vain pieni pätkä, luokitellaan se usein romuksi. Monesti jäljelle jää kuitenkin hieman suurempipituuksisia salkoja, jolloin ne varastoidaan erilliseen hyllyyn odottamaan mahdollista tulevaa käyttöä.

Romun määrän on arvioitu jo pitkään olevan huima, ja usein on jo mietitty erilaisia keinoja siitä eroon pääsemiseksi. Asiaa ei kuitenkaan ole sen syvällisemmin pohdittu. Romun todelliseksi kuukausimääräksi arvioitiin kirjanpidosta viimeisen neljän kuukauden ajanjaksolta noin 5500 kg/kk. Vuonna

2006 teräksen kokonaiskulutuksen arvioitiin olevan noin 500 000 kg. Jos ajatellaan romun määräksi vuonna 2006 noin 5000 kg/kk, tulee siitä yhteensä vuoden aikana 60 000 kiloa joka on 12 % kokonaisteräksenkulutuksesta.

9.5 Laadunhallinta

Yritykseen on laadittu ISO 9000-standardien mukainen laatukäsikirja vuonna 1999 opinnäytetyönä. Kirjan sisältö on selkeä, mutta se on suurelta osalta vanhentunut, joten sen sisältämien tietojen paikkansapitävyys ei ole kovinkaan hyvä. Tämä johtuu siitä, että kirjaa ei ole päivitetty yrityksen kehityksen mukaisesti.

Laatukäsikirjassa on laadittu karkeita ohjeita sekä sopimuskatselmukselle, suunnittelulle ynnä muille toiminnoille, mutta ne ovat yrityksen nykytilan kannalta puutteelliset. Niitä on osittain mahdollista päivittää ajan tasalle, mutta useissa kohdissa ainoa mahdollisuus on alkaa puhtaalta pöydältä laatimaan uutta laatukäsikirjaa.

Laatukäsikirjaa ei ikävä kyllä ole tavallaan otettu käyttöön, vaikka se onkin laadittu. Ohjeita ei ole käytännössä sovellettu ainakaan enää viime vuosina. Monet pienet, hankalalta ja turhalta tuntuvat, asiat olisivat todennäköisesti helpottaneet koko organisaation toimintaa vuosien aikana. Tällaisia ovat esimerkiksi reklamaatioiden dokumentointi, ja sopimuskatselmuksen teko myyntihenkilöstön ja myös suunnittelijan kannalta.

ISO 14000-standardin mukainen ympäristöjärjestelmä on otettu käyttöön OC-System Oy:ssä vuonna 2001. Järjestelmä pitää sisällään dokumentin, johon on sisäistetty yrityksen sen hetkisen tilanteen ympäristön kuormitus yms. Tämäkin asiakirja on sisällöltään vanhentunut vuosien saatossa ja kaipaisi osittaista uudistamista. Tuotantotyöntekijöille on myös olemassa omia ohjeita, mutta niiden käyttö ja sijainti eivät ole kaikkien tiedossa. Suunnitteluhenkilöstölle ei ole vanhentuneen laatukäsikirjan lisäksi mitään erillistä ohjeistoa. Suunnittelijoiden

kesken on viimeaikoina aloitettu pitämään palavereja ja suunnittelua on pyritty yhdenmukaistamaan, mutta mitään konkreettisia ohjeistuksia ei ole laadittu.

Tuotannon laadunvalvontaan ei ole mitään systemaattista toimintatapaa. Jokainen tiimi vastaa omasta laadustaan. Lähteviä toimituksia ei ennen pakkausta tarkasteta muuten kuin silmämääräisesti ja muistin varassa. Laadunvalvonta hitsausten suhteen rajoittuu ainoastaan hitsaajan itse tekemään silmämääräiseen tarkastukseen.

9.6 Alihankinta

Tällä hetkellä yrityksen alihankinta koostuu pääasiassa mitallistetuista materiaalihankinnoista sekä joistakin todellisista alihankintatöistä. Monesti mittatilauksena tehtäviä raaka-ainehankintoja ei lueta oikeaksi alihankinnaksi. Tässä tapauksessa ne kuitenkin päätettiin luokitella sellaisiksi, sillä ne sisältävät mittoihin leikkauksen lisäksi myös erilaisia rei'ityksiä. Alihankintana tehtävät osat ja työt on lueteltu osa-alueittain alla olevassa listassa. /48; 49/

Verkkotiimi:

- Laser-rei'itetyt 2100 mm pitkät pystyputket robotille
- Laser-rei'itetyt oviputket lukon rei'illä ja jiiipäillä käsihitsaukseen
- Mittoihin leikatut verkot robottihitsaukseen
- Lattiakiinnikkeiden ovaalilatat
- Verkkoelementtien yläkiinnikkeet.

Metsotiimi:

- Ovaalireikäinen vaakaputki turvaoveen
- Ovitolpat samaan
- Lattiakiinnityslatat samaan ja erilaisia pikkuosia.

Tilatiimit:

- Nostokorvalliset

- Pintakäsittely suurissa osissa, tai niissä mitkä vaativat märkäkäsittelyn tai pohjamaalin
- Hiekkapuhallus tarvittaessa
- Elementtirunkoja on teetetty kiireen vuoksi
- Raskaimmat rakenteet projektikohtaisesti.

Suunnittelu:

- Lujuuslaskenta joissakin vaativimmissa kohteissa.

9.7 Tilaus–toimitus-ketjun läpimenon tarkastelu esimerkkitalauksin

Tilaus–toimitus-ketjun toiminnan tarkastelu esimerkkitalauksilla antaa hyvän yleiskuvan yrityksen eri osa-alueiden toiminnasta. Ketjun kuvaus on tässä tapauksessa pyritty tekemään mahdollisimman havainnollisesti, joten liitteessä 6 on ketjun kulku esitettynä layout-pohjalla ja aikajanamuodossa. Aikajanat eivät ole eksaktit, niihin ei ole eritelty seisonta-, ja siirtoaikoja, ja työvaiheita ei ole pilkottu pienempiin osiin. Ketjua ei lähdetty kuvaamaan jokaista pientä yksityiskohtaa kertoen, vaan pyrittiin saamaan aikaiseksi selkeä kokonaiskuva tilauksen läpimenosta.

Esimerkkitalauksiksi valittiin ensimmäisessä vaiheessa yksi ainoastaan vakioverkko-osia sisältävä ja yksi tilaelementtikokonaisuuden tilaus. Molemmat tilaukset ovat tietyllä tapaa tyypillisiä, mutta taas toisaalta edustavat jollakin tapaa tilauskannan ääripäitä. Tarkasteltava verkkotilaus on siitä harvinainen, että se sisältää pääasiassa robottihitsattavia verkkoelementtejä ja tilauksen toteutuksessa ei ole mitään epäselvää. Kaikki tilauksessa olevat tuotteet ovat lisäksi suoraan tuotekuvastosta. Esimerkin tilaelementtitilaus oli taas läpimenoltaan hyvin vaikea, ja se kuormitti koko organisaatiota tarpeettoman paljon. Tilaelementtitilaukseen haluttiin tietysti soveltaa yrityksen uusinta mahdollista tilaelementtiä, OC-10:tä.

Näiden kahden tilauksen tarkastelu tehtiin jälkikäteen, kun tilauksien toimituksista oli jo kulunut useita kuukausia. Tämän tyyppisessä tarkastelussa usein unohtuu joitakin merkittäviä seikkoja ketjun läpimenossa. Siksi näiden lisäksi päätettiin vielä suorittaa reaaliaikainen tarkastelu yhden verkkotilauksen osalta.

9.7.1 Verkkotilaus

Tilauksen esimerkkinä käytettiin Oy M. Haloilan tilausta, joka sisältää pääasiassa robottihitsattavia tuotteita, mutta myös jonkin verran käsinhitsattavaa sekä pientarvikkeita. Kaikki tilauksen tuotteet ovat vakiotuotteita, joten tällainen tilaus ei kuormita suunnitteluosastoa käytännössä lainkaan. Tilausvahvistuksessa on yksityiskohtaisesti eritelty jokainen tarvittava tuote ja kappalemäärät myös pientarvikkeissa.

Ketjun kulku:

- a) Tilaus tulee faksilla tai sähköpostilla
- b) Myynti kirjaa tilauksen
- c) Tilaus toimitetaan verkkotiimin vastuuhenkilölle
- d) Tiiminvetäjä poimii tilauksesta tarvittavat tiedot ja toimittaa tilauksen käsinhitsaukseen
- e) Hitsaaja tai sahaaja tekee sahauslistan ja sahaa putket
- f) Putket toimitetaan käsinhitsauspaikalle, jossa aloitetaan hitsaus
- g) Hitsatut elementit toimitetaan maalaamoon
- h) Maalatut elementit pakataan, työntekijä ilmoittaa paketin mitat ja tiedot lähtövalmiudesta eteenpäin
- i) Rahdinkuljettaja toimittaa elementit asiakkaalle.

Ongelmia:

- Myynnillä saattaa olla kiire, jolloin kirjaaminen kestää 1–3 päivää

- Robotti- ja käsinhitsaus saattaa viedä 2–3 päivää, koska sana ei ole kulkenut työntekijöille. Käsinhitsaajilla voi olla niin kiire, ettei töitä yksinkertaisesti ehdi tehdä
- Sahauslistoja ja sahausta ei tulisi edes tarvita, sillä vakiomittaisia putkia pitäisi olla varastossa valmiiksi sahattuna
- Maalauksessa saattaa joutua odottamaan 3 päivää.

Teoriassa läpimenoaika tilauksesta lähtövalmiiseen tuotteeseen on noin 14 h, mutta todellisuudessa aikaa kuluu usein 2–3 viikkoa (10–15 työpäivää, 80–120 h). Vaikka tämä esimerkki on periaatteessa yksinkertaisin mahdollinen tilaus, on senkin toteutumisessa nähtävissä useita ongelmia. Suurin osa ongelmista näyttäisi johtuvan tiedonkulun ja tuotannon ohjauksen puutteista, mutta osa on selvästi tuotannon joidenkin osien liian pienien kapasiteettien aiheuttamia.

9.7.2 OC-10 tilaus

Tilausesimerkiksi valittiin U-Cont Oy Ltd:n tilaus sähkötilasta. Tilausvahvistuksessa on kerrottu vain sähkötilan pituus-, leveys-, ja korkeusmitat ja vaatimuksena oleva teräsrakenteinen lattia. Esimerkin tilaus on hyvin tyypillinen tilaelementtitilaus. Tilaelementtikokonaisuuksien tilaukseen sisältyy usein myös asennus, kuten tässäkin tapauksessa.

Ketjun kulku:

- a) Asiakas on yhteydessä myyntiin ja suunnitteluun ennen kaupantekoa
- b) Kauppa syntyi ja tietyt tilan tekniset asiat on tiedostettu
- c) Suunnittelija suunnittelee
- d) OC-10 tiimi valmistaa tarvittavat ohutlevyosat
- e) Ohutlevyjen pintakäsittely
- f) OC-10 linjasto valmistaa elementit
- g) Sahauslista ja koko työ sahurille
- h) Putket käsinhitsaukseen tilatiimille C-halliin
- i) Lattiarungot märkämaalaukseen alihankkijalle

- j) Lattioiden varustelu
- k) Koekasaus, aukkojen ja läpivientien teko
- l) Asennus.

Ongelmia:

- Suunnitteluvaiheessa tilaaja ei tiennyt mitä haluaa, vaikka kaupat oli jo tehty
- Muutoksia tehtiin useassa suunnittelun vaiheessa
- Tuotannossa työstä vastaava miehistö vaihtui useaan otteeseen
- Asiakas halusi muutoksia myös valmistusvaiheessa
- Osittain hieman epävarma tuotantohenkilöstö aiheutti viivästyksiä
- OC-tiimiltä loppui sinkitty levy kesken Ruukin toimitusaikojen venymisestä johtuen
- Suunnittelu vei todellisuudessa noin 3 viikkoa, koska päällekkäisten töiden määrä oli suuri.

Tässä esimerkissä on nähtävissä huomattavasti edellistä esimerkkiä enemmän ongelmia. Ongelmat vaikuttavat olevan tässäkin tapauksessa pääasiassa organisaation ohjauksellisten toimintojen tai lähinnä niiden puutteiden aiheuttamia. Tilaustapahtumassa tulisi saada tarkasti selville halutun tilauksen vaatimukset pienimpiäkin yksityiskohtia myöten. Tuotannonohjauksen tulee kyetä paremmin ohjaamaan yksittäisen työn toteutumista. Kokonaisaika projektille oli noin 1–2 kk. Tuotanto sai työn tehtäväksi vasta noin 2 viikkoa ennen toimitusaikaa.

9.7.3 Reaaliaikainen verkkotilauksen seuranta

Kolmanneksi tarkasteltavaksi tilaukseksi valittiin Newico Oy:n suojaseinätilaus. Se on tilauksena periaatteessa hyvin yksinkertainen toteutettava. Tilaus pitää sisällään noin 5,5 m × 7,9 m kokoisen suojaseinäkkeen. Newico Oy oli tehnyt lähes valmiit piirustukset, joissa oli lueteltu mm. elementtien halutut leveydet. Alustavaksi toimitusajaksi kaavailtiin noin kolme viikkoa, toimituspäivän ollessa 10.5.

Edistyminen ja ongelmat:

- a) Tilauspäivämäärä 17.4
- b) Pieniä tiedonkulun ongelmia jo alussa, tilaus tuli suunnittelulle noin päivän myöhässä
- c) Suunnittelu aloitettu perjantaina 20.4
- d) Kiire suunnittelussa.
- e) Kirjausvirhe. Tilausvahvistukseen OC-henkilöstö on kirjannut oven korkeudeksi 2050, vaikka piirustuksessa oli 2800. Oikea mitta, 2800, selvisi puhelinsoitolla
- f) Liukuoven suunnittelussa jotain epäselvyyttä, selvisi puhelinsoitolla
- g) Suunnittelu valmis 3.5
- h) Tuotannossa ei ollut suurempia ongelmia
- i) Toimitus kaksi työpäivää myöhässä 14.5.

Newico työn suunnitteluun kuluisi ehkä 6–7 h, jos suunnittelija saisi tehdä työn yhdellä kertaa valmiiksi. Pienissä pätkissä tehden suunnittelun kokonaisläpäisy aika on noin 9 työpäivää, eli noin 72 tuntia. Tästä ajasta Newico työn suunnitteluun käytettiin arviolta noin 1–1,5 työpäivää (8–12 h). Tuotannon läpimeno noudattaa hyvin tarkasti aiemman verkkotilauksen läpimenoa.

9.8 Hitsaustyön kaariaikasuhteet

Hitsaustyön kaariaikasuhteella saadaan jonkinlaista numeroarvotietoa hitsaustuotannon nykytilan tehokkuudesta. Laskettuja kaariaikasuhteita voidaan myös käyttää hyödyksi esimerkiksi hitsauskustannusten laskennassa. Kaariaikasuhte lasketaan teoriaosan kappaleen 6.1 kuvaamalla tavalla. Sen vaatimat esitiedot ovat kaariaika ja kokonaisaika, jotka saadaan mitattua tarkoitukseen tehdyllä kaariaikakellolla ja normaalilla sekuntikellolla.

Kaariaikasuhteet käsinhitsauksessa

Käsinhitsauksen kaariaikasuhteita arvioitiin verkkoelementtien hitsauksessa. Verkkoelementin hitsaus suoritetaan hitsauspöydillä käyttäen erilaisia pieniä apuvälineitä ja kiinnittimiä, mutta mitään varsinaisia hitsauskiinnittimiä ei ole. Kaariaikaa mitattiin kolmen eri työntekijän koneilla yhteensä noin neljän viikon ajanjaksolta. Mitatut ajat sekä lasketut kaariaikasuhteet on kirjattu alla olevaan taulukkoon.

Taulukko 7. Käsinhitsauksen kokonaistyö- ja kaariaika sekä kaariaikasuhte.

Kone #	Kokonaisaika	Kaariaika	Kaariaikasuhte
1	232200,0 s	11994,9 s	5,17 %
2	162000,0 s	10100,0 s	6,23 %
3	147600,0 s	5531,7 s	3,75 %
			5,05 %

Kaariaikasuhteiden alhaisuus johtuu hitsauspisteiden hyvin vaihtelevista työtehtävistä, sillä itse hitsaustyön osuus on pieni. Muita työpisteessä tehtäviä töitä ovat muun muassa putkiaihioiden poraukset. Koneiden välisten kaariaikasuhteiden vaihtelua selittää töiden erilaisuus sekä vähäisissä määrin työntekijöiden erot.

Kaariaikasuhde tavallisen verkkoelementin robottihitsauksessa

Kaariaikasuhde määritettiin yhden tavallisimman verkkoelementin hitsauksen perusteella. Määrittelyssä mitattiin yhden kappaleen valmistukseen kuluva aikaa, jolloin saatiin tämänhetkisen robottihitsauksen käytännön kaariaikasuhteen maksimi. Lisäksi robotin käytön tehokkuutta arvioitiin pidemmällä, usean viikon, ajanjaksolla, jolloin saatiin kuva hitsausrobotin todellisesta käyttöasteesta.

Taulukko 8. Robottihitsauksen kaariaikasuhde yksittäisen verkkoelementin hitsauksessa.

Kokonaisaika	391,0 s
Kaariaika	190,6 s
Kaariaikasuhde	48,75 %

Yllä olevassa taulukossa on laskettuna robottihitsauksen kaariaikasuhde. 48 % on siis käytännön maksimi mihin pystytään tällä hetkellä, sillä kappaleenvaihto voidaan vastapöydän ansiosta tehdä robotin hitsatessa. Verkon hitsauksessa esiintyi muutamia syttymishäiriöitä, ja jotkut pikaliikkeet vaikuttavat hitaanpuoleisilta. Hitsausrobotin käyttöastetta arvioitiin noin kolmen viikon ajanjaksolla (Taulukko 9.).

Taulukko 9. Hitsausrobotin käyttöaste.

Työaika	14,0 pv	= 105,00 h	= 378000,0 s
Kaariaika			30606,0 s
Käyttöaste			8,10 %
Kokonaiskäyttöaste		8,10%/0,4875	≈ 17 %

Kokonaiskäyttöasteen suuruudesta voidaan nähdä hitsausrobotin olevan todella vähän kuormitettu. Yllä olevien taulukkojen perusteella voidaan arvioida robotin hitsausohjelmankierron olevan käynnissä vain noin 1 h 20 minuuttia päivittäisestä työajasta.

Yhteenveto

Robotin käyttöasteen nähdään olevan hyvin alhainen, joten yksittäisen kappaleen hitsauksessa pienellä kaariaikasuhteella ei sinällään ole juuri mitään käytännön merkitystä. Alhainen kaariaikasuhte kertoo vain siitä, että tarvittaessa hitsausrobotista löytyy vielä runsaasti kapasiteettia esimerkiksi ohjelmia optimoimalla.

Saaduista kaariajoista voidaan vetää jotain karkeita johtopäätöksiä, mutta ei suoraan voida todeta tuotannon olevan tehoton. Kaariaikasuhdetta voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkkojen kappalekohtaisten valmistuskustannuksien laskennassa.

9.9 Tuotannonohjattavuuden ja -ohjauksen nykytila

Tuotannon ohjattavuuden tämänhetkinen tila muodostuu pitkälti tuotantoprosessien määrätietoisesta etenemisestä perusteella. Tuotteiden kannalta ajateltuna verkkotuotteet ovat helppoja ohjattavia niiden vakioinnin takia. Tilatuotteet ovat ongelmallisempia ohjauksen kannalta, sillä niiden valmistus ja suunnittelu on hyvin paljon tilauskohtaisempaa. Ohjattavuutta edesauttaisi tieto prosessien läpimenon vaativasta ajasta sekä tässäkin tapauksessa tuotteiden edes jonkinasteinen modulointi.

Yrityksessä ei ole ollut selväpiirteistä tuotannonohjausta, vaan tuotantoa on kuormitettu melko rankasti. On vain lähinnä pidetty huoli siitä, että töitä riittää. Ja sen mukaan myynti on pyrkinyt myymään mahdollisimman paljon, kuitenkin siten että tilaukset saadaan luotettavasti toteutettua. Tuotannonohjausohjelmistona on WM-Data Oy:n kehittämä Control 9000. Se on tarkoitettu pienten ja keskisuurten yritysten toiminnanohjauksen hallintaan. Ohjelma on toiminnoltaan suhteellisen monipuolinen, mutta ainakin nykyään käytössä oleva versio on käytöltään melko kankea. Lisäksi kaikkia ohjelman toimintoja ei edes yritetä hyödyntää, vaan keskitytään vain olennaisimpien toimintojen käyttöön. Tällä hetkellä lähinnä käytettyjä toimintoja ovat: työaikojen seuranta; tavaratilausten teko;

työmääräimien laadinta. Yleensä ottaen työntekijöiden mielipide Control 9000:sta on, että se on jokseenkin hankala ja hidas käyttää.

Tuotantoa ohjataan ja seurataan käytännössä enemmän niin sanotulla tiimitaululla. Siitä nähdään tärkeimpien tilausten edistyminen hyvin karkeasti. Yrityksen johto päivittää tiimitaulua aina silloin kun se on ajallisesti mahdollista. Taulu on todellisuudessa enemmänkin seuranta tehdyille töille. Tuotetiedonhallintaan ei ole käytössä mitään ohjelmaa, ja esimerkiksi varastosaldot ei ole kirjattu mihinkään.

Todellista järjestelmällistä tuotannonohjausta ei yrityksellä tällä hetkellä siis ole. Tuotannon ja suunnittelun kuormituksen ja aikataulun sanelevat pääasiassa myyntitapahtumat. Myyntihenkilöstö pyrkii myymään tilaukset sellaisilla aikatauluilla, että myös suunnittelu ja tuotanto pystyvät toimimaan sen puitteissa.

9.10 Suunnitteluun liittyvät ongelmat

Kiire

Suunnittelu on kiireellistä. Koska kunnollista toiminnanohjausta ei suunnittelulle ole, suunnittelija joutuu tekemään useita eri suunnittelutöitä samanaikaisesti. Tämä aiheuttaa turhaa hyppimistä eri suunnittelutöiden välillä, ja lisää merkittävästi koko suunnittelutyöhön kuluvaa aikaa. Töiden välillä hyppimisen on todettu lisäävän suunnittelu-aikaa jopa 100 %.

Suunnittelulla ei ole aikaa hioa suunnittelua loppuun asti. Tämä tulee hyvin ilmi alla olevassa esimerkissä joka käsittelee avattavan luukun kaasujousen sijoittelua ja mitoitusta. Tässä tapauksessa suunnittelija ei ole ehtinyt miettiä jousen toimintaa, vaan työ on delegoitu tuotannon tehtäväksi. Tapahtumien kulkua on kuvattu taulukossa 10.

Taulukko 10. Kaasujousiesimerkki.

Tapahtuma	Seuraus	Ongelma
Kaasujousen tyyppiä ei ole merkitty piirustukseen.	Tuotanto joutuu valitsemaan sopivan kaasujousen	Kaasujousen teho on riittämätön kohteeseen. Valmistuskerrasta riippuen jousen tyyppi vaihtelee samassa kohteessa.
Kaasujousen kiinnityskohtia ei ole merkitty piirustukseen.	Tuotanto joutuu kokeilemaan sopivan kohdan.	Ratkaisu ei toimi halutulla tavalla. Tiimistä riippuen ratkaisu vaihtelee valmistuskerrasta.

Tuotantohenkilökunnan ja suunnittelun välinen yhteistyö toimii kuitenkin sen verran hyvin lattiatasolla, että useissa tapauksissa ei suuria virheitä pääse syntymään. Tuotantohenkilöstö tekisi kuitenkin mielellään heille kuuluvan työn, eli käytännössä suunnittelutyön siirtäminen edelleen tuotantohenkilökunnalle kostautuu pitempinä tuotantoaikoina. Ja lisäksi tuotannon ja suunnittelijan välisistä suullisesti tehdyistä päätöksistä ei jää minkäänlaista dokumenttia, eli samantyyppisen tapauksen toistuessa ratkaisu voi olla edellisestä hyvinkin poikkeava.

Ohjeistusten puute

Suunnittelijoille ei ole ohjeistuksia, eli jokaisen suunnittelijan tekemät työt ovat hieman omaleimaisia. Tämä omalta osaltaan sekoittaa tuotantoa ja monimutkaistaa yksinkertaisiakin töitä. Ohjeistuksen puute saa myös aikaan tarpeetonta suunnittelijoiden välistä kyselyä jonkin asian toteutuksesta, johon kuluu tarpeettoman paljon aikaa.

Tiedonkulku asiakkaan ja suunnittelun välillä

Tiedonkulku asiakkaan ja suunnittelun välillä on usein hyvinkin puutteellista. Myyntihetkellä ei ole useissa tapauksissa mitään tarkempaa tietoa haluttavista rakenteista. Tämä aiheuttaa monesti suuria sekaannuksia tuotannon kulussa

sekä suunnittelussa ja kokoonpanossa. Suunnitteluhenkilöstön mukaan jopa yli 90 % tilauksista vaatii vielä myyntitapahtuman jälkeen jatkoselvityksiä.

Rakenteet tehdään aina omilla ratkaisuilla, asiakkaan omaa suunnittelua ei hyväksytä, mutta toiveet kyllä. Tällöin saadaan varmistettua tuotteen laatu ja omaleimaisuus. Piirustukset pyritään aina pitämään vain itsellä, tarvittaessa joitakin piirustuksia annetaan asiakkaalle.

Tilaukset etenevät suunnittelusta suoraan tuotantoon. Suunnittelija vie usein valmiit piirustukset henkilökohtaisesti tuotantotiimin vetäjille. Suunnittelija ei tiedä useinkaan tuotannon töiden valmistumisaikataulusta ja tietenkin haluaa oman työnsä valmistuvan mahdollisimman pian. Usein hän haluaakin oman työnsä otettavan seuraavaksi valmistukseen. Tämä kuormittaa tahattomasti tuotantoa ja aiheuttaa tuotantohenkilöstössä epätietoisuutta töiden todellisesta toteutusjärjestyksestä.

9.11 Yhteenveto nykytilasta

Nykytilan ongelmien voidaan todeta johtuvan pääasiassa erilaisista laatutoimintaan liittyvistä puutteista. Millään yrityksen osa-alalla ei ole dokumentoituja toimintaohjeita, sillä aikanaan tehty laatukäsikirja on päässyt vanhenemaan päivityksen puutteessa. Tiedonkulku yrityksen osien välillä on monella kohdin heikkoa, esimerkiksi joitakin osin tuotannon ja suunnittelun välillä.

Tuotannon selkein ongelma on johdonmukaisen ohjauksen puute. Tämä ilmenee keskeneräisten töiden välillä hyppimisenä ja epätietoisuutena tehtävien töiden järjestyksestä. Muita tuotannossa esiintyviä ongelmia ovat tiettyjen laitteistojen alhainen käyttöaste ja työohjeistusten puute. Lisäksi tuotantotilojen järjestyksessä ja yleisessä toimivuudessa on joitakin osin parantamisen varaa.

Tilaus-toimitus-ketjujen läpimenon tarkastelu antoi hyvän kuvan yrityksen todellisesta toimivuudesta. Siitä nähtiin selvästi yrityksen vahvimmat osa-alueet ja ongelmallisimmat vaiheet. Layout-pohjalla tarkasteltuna ketjut etenivät suhteellisen johdonmukaisesti. Materiaalien kulkema matka voisi olla tietysti pienempi, mutta vaihtelevissa tilauksissa joudutaan aina tekemään jonkin asteinen kompromissiratkaisu tuotannon materiaalivirtojen suhteen.

SWOT-Analyysi nykytilasta

SWOT-Analyysillä saadaan yrityksen nykytilanteen kuvaus kiteytettyä yhdelle kalvolle. Siihen on eritelty nykytilan analysoinnilla saadut tiedot hyvin lyhyesti. Sen avulla voidaan arvioida yrityksen kehittymismahdollisuuksia. Laadittu SWOT-analyysi on esitetty kuvassa 23.

<p style="text-align: center;">Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kilpailukykyiset tuotteet ▪ Asiakaslähtöisyys ▪ Riittävä, pitkäaikainen kysyntä ▪ Tuotantotilat, -koneet ja -henkilöstö. 	<p style="text-align: center;">Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiedonkulku organisaation eri osien välillä ▪ Organisaation toimintojen ohjaus ▪ Dokumentoinnin puute ▪ Laadunvalvonta ja laatuasiat yleisesti.
<p style="text-align: center;">Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tuotantokoneiden kapasiteetti mahdollistaa tuotannon lisäämisen ▪ Toimintojen selkeyttämisellä ja ohjauksella saadaan tehostettua kaikkea toimintaa merkittävästi. 	<p style="text-align: center;">Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Yritys kasvaa liian suureksi ▪ Laadun totaalinen romahtaminen.

Kuva 23. SWOT-Analyysi kohdeyrityksen nykytilasta.

10. Kehitysnäkökohtia

Tämä työn osa pitää sisällään erilaisia kehitysehdotuksia tuotannon ohjattavuuden parantamiseksi, sekä muita tuotannonohjauksen ja -seurannan kehittämistä helpottavia asioita. Osa ehdotuksista on hyvin yksityiskohtaisia tiettyyn ongelmaan pureutuvia, ja osa on laajempien kokonaisuuksien kehittämistä auttavia keinoja.

Edellisen kappaleen selvityksien perusteella yrityksestä puuttuu selvät systemaattiset toimintatavat eri tilanteisiin, ja niiden laatiminen onkin yksi tärkeimmistä kehityskohteista. Toimintatapoja tarvitaan kipeästi kaikilla osa-alueilla: myynnissä, suunnittelussa, tuotannossa, sekä näiden alaosissa. Lisäksi henkilöstön vastuualueet tulisi tarkemmin dokumentoida, jotta kyettäisiin helpommin ohjaamaan tehtävät oikealle henkilölle. Tuotannon tehostamisen kehityskohteista kerrotaan enemmän omassa osa-alueessaan, ja lisäksi tarkastellaan hitsausrobotin tuottavuuden kehittämistä case-muotoisesti.

10.1 Dokumentoinnin parantaminen

Dokumentointi on yksi laadunhallinnan keskeisimpiä periaatteita. Ilman kunnollista dokumentointia esimerkiksi tuotantotavoista, tuotannon toistuvuus kärsii ja sitä kautta laatu rappeutuu. Dokumentoinnin ohjeet tulisi löytyä yrityksen laatukäsikirjasta, mutta kirjan vanhentumisen takia siellä olevia ohjeita ei voida tässä tapauksessa juurikaan hyödyntää.

Kaikenlaisten pienien tietojen dokumentointi voi usein tuntua ylimääräiseltä työltä, ja sen takia se jää monesti tekemättä koska tuottavampaakin työtä on tavallisesti tarjolla. Kuitenkin on eriarvoisen tärkeää kirjata ylös esimerkiksi myynnin ja asiakkaan välisesti sopimat asiat, tietyt suunnittelun näkökohdat, sekä erilaiset tuotannon työtä helpottavat tekijät ja esimerkiksi reklamaatiot. Dokumentointia helpottavia esimerkkiasiakirjoja on esitetty liitteessä 7.

Tilausvahvistukset tulee saada yksityiskohtaisemmin dokumentoitua, sillä usein riittämätön sanallinen kuvaus halutusta toimituksesta aiheuttaa molemminpuolisia sekaannuksia ja turhaa työtä. Jos ennen tuotannon aloittamista molemmilla osapuolilla on selvä käsitys siitä mitä tilaus tulee sisältämään, niin myöhemmiltä epäselvyyksiltä vältytään. Puutteellisen tilausvahvistuksen aiheuttamat sekaannukset tulevat hyvin esille tilaus-toimitusketjun kuvauksen toisessa esimerkkitapauksessa.

10.1.1 Sopimuskatselmus

Tilauksen yhteydessä tulee laatia selvä asiakirja tilauksen sisältämistä asioista ja ehdoista. Tämä takaa sen että molemmilla osapuolilla on varmasti yhtenäinen kuva siitä mitä on tilattu. Sopimuskatselmuksen laatiminen saattaa vaikuttaa asiakkaan kannalta tarpeettomalta paperityöltä, mutta he varmasti ymmärtävät, että tällaisen paperin laadinnan takana on molempien osapuolien hyöty.

Käytännön yleisimpien asioiden lisäksi sopimuskatselmukseen tulee sisällyttää myös suunnittelun kannalta oleellisia teknisiä yksityiskohtia, kuten aukotuksien mitat, sähköjen läpiviennit ja muut oleelliset seikat. Kun nämä ovat jo suurimmaksi osaksi tiedossa ennen varsinaisen suunnittelun alkua, on helpompi arvioida sekä tuotteen kokonaishintaa, että tilauksen läpimenoaikaa.

Katselmuksena voidaan tehdä checklist-tyyppinen lista, jonka avulla varmistetaan molempien osapuolien tietojen yhtenevyys, joten ylimääräisiltä selvittelyiltä tilauksen edetessä pitäisi vältyä. Lista pitää sisällään:

- Tilauksen käytännön ratkaisujen yksinkertaistetut kuvaukset sekä normaalimittojen että erikoisratkaisujen osalta
- Vastuuhenkilöt suunnittelun ja valmistuksen osalta
- Aikataulun tilauksen toteutumisesta.

10.1.2 Dokumentointi suunnittelutyössä

Hitsausmerkinnät

Piirustuksiin ei ole aikaisemmin merkitty lainkaan hitsausmerkintöjä. Näiden merkintä on kuitenkin erittäin tärkeää etenkin toistuvasti valmistettavissa vakio-osissa. Tällöin saadaan tuotannon laatu paremmin hallintaan. Nykyään jokainen hitsaaja tekee omaa yksilöllistä työtään ja esimerkiksi hitsien tarkat koot ja sijainnit määräytyvät sen mukaan.

Hitsausmerkinnät vaativat tietysti hitsien a-mittojen ja pituuksien määrittämisen. Tämän on tehnyt tähän mennessä hitsaaja oman kokemusperäisen tietonsa perusteella tai suunnittelijan ohjeiden avustuksella. Kuitenkin esimerkiksi vakiotuotteiden hitsien mitoituksella voidaan saavuttaa suuria kustannus- ja aikasäästöjä tuotannossa. Nämä säästöt korvaavat pian hitsausmerkintöjen suunnitteluvaiheessa aiheuttamat kustannukset.

Tuotantohenkilökunta mukaan suunnittelupalaveriin

Tuotantohenkilöitä tulee ottaa mukaan tilauksien suunnittelupalaveriin, sillä heillä on usein parempi näkemys käytännön ratkaisujen toiminnasta. He saattavat myös paremmin muistaa mikä ratkaisu todettiin toimivimmaksi edellisillä kerroilla, ja tietävät mikä ratkaisu on helpoimmin käytännössä toteutettavissa. Tuotantohenkilöstön mukaanotto ei kuitenkaan ole tarpeellista suurimmassa osassa tilauksia, vaan ainoastaan tietyissä hankalammissa tapauksissa.

10.1.3 Työohjeistukset

Työohjeiden tarkoituksena on eliminoida virhetapahtumia ja tehostaa siten ajankäyttöä, ja ennen kaikkea vähentää turhan työn tekoa. Ohjeet tulee laatia yhdessä suunnittelu- ja tuotantohenkilöstön kanssa. Niiden tavoitteena on, että esimerkiksi taulukon 10 tapaisia tilanteita ei pääse syntymään. Työohjeistuksen esimerkkimalli on esitetty liitteessä 7.

Työohjeistuksissa voidaan esittää yksinkertaistetusti esimerkiksi tietyn tyyppisen runkorakenteen valmistuksen eri kohtien toteutustavat. Esimerkiksi kuinka tietyn kokoiset putkipalkit liitetään toisiinsa, minkä kokoiset hitsit siihen sijoitetaan ja minne. Tällöin suunnittelijan ei tarvitse yleisimmissä tapauksissa merkitä piirustuksiin erikseen hitsausmerkintöjä. Työohjeistuksien teko on myös hyvä keino kerätä tuotantotyöntekijöiden tietotaito varmaan talteen, jolloin se ei häviä henkilöstön mahdollisesti vaihtuessa.

Suunnittelun työohjeet

Suunnitteluun on saatava tietynlainen perusohjeistus, joka kertoo millä tavoin suunnittelu viedään läpi kerta toisensa jälkeen. Sen eri vaiheita ovat esimerkiksi materiaalinvalinta ja mitoitus. Suunnittelussa tulee lisäksi huomioida yksityiskohdat nykyistä tarkemmin ja tehostaa niiden dokumentointia (ks. taulukko 10). Tietyt hyväksi todetut ratkaisut tulee aina dokumentoida tulevaisuutta varten.

Sahauslistat pitää olla tehtynä jo suunnitteluvaiheessa, sillä nyt useimmissa tapauksissa tuotantohenkilöstö joutuu tekemään ne. Tämä on suunnitteluohjelmasta riippuen joskus jopa täysin automaattinen toiminto, ja se ei yksinkertaisemmissa rakenteissa manuaalisestikaan tehtynä vaadi suurta työpanosta. Kuitenkin tämänkin työn teettäminen tuotantohenkilöstöllä vähentää heidän ajankäyttöään todelliseen jalostavaan työhön. Lisäksi muun tuotantotyön ohessa tehtynä saattaa unohtua joku oleellinen sahaus, joka aiheuttaa tarpeetonta lisätyötä projektin edetessä.

10.1.4 Ongelmien kirjaus, tiedonkeruu ja poikkeustilojen hallinta

Tuotannon häiriötapaukset, reklamaatiot, toimitusviiveet ja muut vastaavat on myös aiheellista kirjata ylös. Jos nämä pidetään vain muistin varassa, niin ne tavallisesti unohtuvat kuten epätoivotuilla asioilla on usein tapana. Näiden ylöskirjaus helpottaa virheiden syyn löytymistä, ja auttaa näkemään yrityksen kehityssuunnan myös tältä näkökannalta. Kehitystä voidaan todeta tapahtuneen, jos esimerkiksi vuoden aikana on saatu epätoivottujen tapahtumien määrää laskettua huomattavasti.

Tuotannon ja suunnittelun pienet ongelmat tulee parhaiten kirjattua ylös työntekijöiden toimesta. Kun työntekijä havaitsee jonkin ongelman, hän ilmoittaa siitä tiimipäällikölle, joka kirjaa sen ylös valmiille laatuongelmaraporttipohjalle. Näiden avulla asiat eivät pääse unohtumaan ja tieto välittyy varmasti myös yrityksen johdolle asti.

Läpäisyaikojen kartoitus

Toiminnanohjauksen kannalta on oleellista tietää kuinka kauan mikäkin tapahtuma vie aikaa. Ainoa keino jollakin tapaa tarkkojen läpäisyaikojen selvittämiseen on arvioida tulevien töiden läpäisyaikoja jo tehtyjen töiden aikojen perusteella. Läpäisyaikoja tulee kirjata ylös järjestelmällisesti jokaisen tilaus–toimitus-ketjun osa-alueen toiminnoista, suunnitteluun ja tuotannon eri vaiheisiin kuuluvat ajat on hyvä tietää tarkasti erikseen. Näitä tietoja on sitten helppo soveltaa esimerkiksi kaikissa myynnin toiminnoissa kuten hinnoittelussa ja toimitusajoissa.

Käytännössä tehokas läpäisyaikojen kartoitus vaatii alkuvaiheessa selviä muutoksia työaikojen kirjaukseen. Suunnittelutyöajan tarkka kirjaus vaatii käytännössä suunnittelijan pöydälle oman työaikojen seurantalaitteen, jolla suunnittelija voi kuitata myös pienet tapahtumat ylös oikeille työnumeroille. Suunnitteluun käytettävän ajan määrä tulee saada kuitenkin tarkemmin tapauskohtaisesti kirjattua ylös. Tällöin voidaan suunnittelun vaatima aika ottaa paremmin huomioon toimituspäivämäärää sopiessa. Suunnitteluun on parempi

varata riittävästi aikaa, sillä puutteellisesti suunnitellun tuotteen valmistus on huomattavasti enemmän aikaa vievää. Vaikka suunnittelu tuntuu nykyisellään hirveän kiireelliseltä, todennäköisesti jo toimivalla ohjauksella suunnittelu saataisiin pyörimään aikataulussa.

Tuotantohenkilöstön ei tarvitse tältä osaa tehdä mitään muutoksia nykyiseen toimintatapaan. Tallennetut työajat tulee kirjata tarkasti johonkin tietokantaan, jotta ne on sitten tarvittaessa saatavilla tuotannonohjauksen toteuttamiseen. Tietokannassa olevista tiedoista tulisi tulla ilmi työvaihe ja sen suorittamiseen kulunut aika. Tuotannon työajat löytyvät jo nyt jollakin tarkkuudella Control 9000:sta.

Asiakkaan tarpeiden kartoitus

Laadunhallinnan yksi alakohta on asiakkaan tarpeiden tarkempi selvitys. Tällä hetkellä myyntihenkilöstöllä on jonkinlaista tietoa asiakkaan tarpeista ja tyytyväisyydestä. Tätäkin tietoa on hyvä kerätä suuremmassa määrin vaikkapa jonkin tyyppisellä asiakastyytyväisyyslomakkeella. Näistä saa todennäköisesti myös jotain uutta tietoa jolla yrityksen toimintaa voidaan edelleen kehittää.

Poikkeustilat

Tuotannossa esiintyy aina tiettyjä poikkeustiloja, joiden takia tuotanto saattaa lamautua. Nykyään tällaisia ovat olleet jonkun tuotantotyöntekijän poissaolot. Näiden tilanteiden varalle olisi hyvä kehittää jonkinlainen menettelytapa, jolla saadaan tuotanto pyörimään normaalisti. Esimerkiksi tietyille tärkeille henkilöille, kuten tiimipäälliköille, tulisi nimetä varamies, joka poissaolon sattua hoitaa hänen tehtävänsä.

Toinen vaikeuksia aiheuttava poikkeustila on jonkin tavarantoimittajan kykenemättömyys toimittaa tavaraa. Tällaiset tapaukset ovat aiheuttaneet muutamia viivästyksiä tuotannon toimintaan. Tietyille tavaroille on hyvä olla olemassa jokin vaihtoehtoinen toimittaja, jolloin tuotantokatkoja ei pääse syntymään. Tavaratoimituksen epävarmuutta voidaan myös vähentää sopivasti mitoitetuilla varastoilla.

10.2 Tuotannon tehokkuuden ja ohjattavuuden parantaminen

10.2.1 Koneiden käyttöasteiden parantaminen

Molempien tuotannossa olevien robottiasemien käyttöaste on hyvin alhainen. Hitsausrobotin tuottavuuden kehittämistä käsitellään omassa case-tapauksessa työn loppupuolella. OC-10-linjaston suuremmalle käyttöasteelle ei oikeastaan ole mitään estettä. Sillä valmistettavien tilausten määrää saadaan helposti lisättyä, ainoana ongelmana on luottamus laitteistojen toimintakykyyn.

10.2.2 Maalauslinjaston kapasiteetin nostaminen

Maalauslinja on selkein yksittäinen pullonkaula tuotannossa tällä hetkellä. Muitten tuotannon osa-alueiden tuottavuuden kehittäminen on turhaa, jos kuitenkin tuotannon kokonaisläpimenon määrä rajoittuu maalauslinjan kapasiteetin perusteella. Maalauslinjaan on tehty viimevuosina pieniä muutoksia, jolla sen läpimeno on tehostunut huomattavasti. Lisäksi diplomityön edistyessä maalauslinjan toimintaa saatiin tehostettua pienellä tuotannonohjauksellisella toimenpiteellä, jonka jälkeen siitä aiheutuvat myöhästelyt ovat vähentyneet.

Kehittämiskeinot:

1. Maalauslinja töihin kahteen vuoroon
2. Alihankintaa maalaustöihin.
 - a. Vähänkin enemmän aikaa vievät, isot rakenteet.
 - b. Tarkempi mietintä tuotekohtaisesti
 - c. Sinkityksen määrän lisäys.
3. Linjan tehokkuuden kehitys.
 - a. Apuvälineitä, toimintaohjeita yms.
 - b. Työturvallisuusasiat: ilmanvaihto, nostoapuvälineet.

10.2.3 Käsinhitsauksen tuottavuuden parantaminen

Käsinhitsauksen tuottavuutta voidaan parantaa lisäämällä erilaisten apulaitteiden määrää. Nykyään verkko-osat hitsataan pääasiassa hitsauspöydällä ilman mitään oikeita kiinnittimiä. Sopivalla kiinnitinratkaisulla saadaan vähennettyä hitsaustyön väliaikoja ja sitä kautta tehostettua hitsausta. Hitsausasennot ovat käsinhitsauksessa pääasiassa jalko- ja vaaka-asentoja, joskus tilaelementtirungoissa joudutaan hitsaamaan myös lakiasennossa. Hitsausasennossa pitää pyrkiä mahdollisimman usein jalkoasentoon. Tuottavuutta saadaan parannettua jonkin verran hitsien mitoittamisella, ja mitoituksen noudattamisella. Nykyään suurimmat hitsien a-mitat ovat tilaelementtirungoissa noin 7–10 mm. Näin suurten mittojen pienentämisellä kappaleen 6 ohjeiden avulla voidaan saavuttaa jo merkittäviä säästöjä sekä työajassa että -kustannuksissa.

10.2.4 Materiaaliylijäämän eliminoiminen

Tuotannon osavalmistuksessa on tällä hetkellä kohtalaisen suuri materiaalihukka. Sahauksen yhteydessä erilaisista putkista jää romuksi luokiteltavaa materiaalia noin 15–20 % hankitusta määrästä. Ohutlevyjen ja muun tavaran materiaalihukka on pienempi.

Suuri romun määrä ja korkea teräksen hinta on aiheuttanut pohdintaa mahdollisuudesta käyttää ylijäämämateriaali jollakin tavalla hyödyksi. Yksi ajatus on ollut jonkinlaisen vastushitsauslaitteen hankinta ylijäämäputkien yhteen hitsaamiseksi. Tähän käyttöön sopiva vastushitsausmenetelmä olisi mahdollisesti leimu- tai tyssähitsaus.

Materiaaliylijäämän eliminoiminen tuo mukanaan selviä hyötyjä:

- Ostettavan materiaalin määrä vähenee → selvä rahallinen säästö
- Tarpeetonta romua ja ylijäämäpätkiä ei tarvitse varastoida → tuotantotiloihin vapautuisi lisää tilaa, jolloin työtilan viihtyisyys parantuu ja työskentely tehostuu.

Hitsauskoneen vaatimuksina olisi kyky päittäishitsata suurimpiakin käytettäviä putkipalkkeja, ja ainakin 80×80×4-kokoinen putki olisi vielä saatava hitsattua. Tällaisen putkipalkin poikkipinta-ala on 1175 mm². Näin suuri poikkipinta-ala alkaa olla rajoituksena tyssähitsauksen soveltamiseen tässä käyttökohteessa, jolloin hitsausprosessiksi sopisi paremmin leimuhitsaus suuremman tehokkuutensa vuoksi. Lisäksi leimuhitsauksella on alhaisemmat vaatimukset hitsattavien pintojen muoto- ja mittatarkkuudelle sekä epäpuhtauksille.

Verkkoelementtien putkiin edellä olevat liittämismuodot eivät välttämättä sovellu, sillä niiden aiheuttama purse haittaa niin sanottua teleskopointia, eli putket eivät mahdu liikkumaan sisäkkäin jos pursesta on liikaa. Lisäksi purse saattaa olla ulkonäöltään liian heikko useisiin kohteisiin. Ennen koneen mahdollista hankintaa tuleekin selvittää minkä laatuisiin liitoksiin se pystyy. Koneella tulee saada hitsattua muutamia mallikappaleita, jotka pintakäsiteltäisiin esimerkiksi muun tuotannon ohessa. Tällöin saadaan todellinen kuva lopullisen tuotteen laadusta.

Liitteessä 8 on arvioitu ylijäämäputkien yhteenhitsauksen aiheuttamia säästöjä, sekä pyritty näiden perusteella arvioimaan päittäisliittämiseen soveltuvan koneen hankinnan kannattavuutta. Koneen hankintahintana on käytetty OC-Systemille annettua tarjousta tyssähitsauskoneesta. Kyseinen laite ei ole kuitenkaan ominaisuuksiltaan riittävä tähän käyttöön. Romun määrä arvioitiin neljän kuukauden jaksolta, jolloin se oli keskimäärin 5500 kg/kk. Putkiromun osuutta kokonaisromusta arvioitiin teräksen kokonaiskulutuksen ja tuotantotyöntekijöiden tietojen perusteella. Lisäksi hitsattavien putkien osuudeksi arvioitiin 60 % kaikesta putkiromusta. Tiedot kokonaiskulutuksesta saatiin jollakin tarkkuudella

Control 9000:sta, ja teräsmateriaalin keskihinnaksi arvioitiin noin 1 €/kg. Teräksen kokonaisostomäärä jakautuu seuraavasti:

– Teräksen kokonaisostomäärä		500 629 €
josta	putkia	249 316 €
	levyjä	154 725 €
	putkipalkkeja	21 175 €

10.2.5 Alihankintojen lisäys

Alihankinnoilla saadaan siirrettyä omaa tuotantoa tarpeettomasti rasittavia toimintoja toisaalle. Alihankinnan osuutta olisi mahdollisesti kannattavaa lisätä seuraavasti:

- Enemmän laserleikattuja putkia → vähemmän heikkotehoista käsityötä hallissa ja vähemmän romuksi jääviä materiaaleja
- Tiettyjen erityisosaamista vaativien asennusten alihankinta. Esimerkiksi vaativimmat sähkö- ja putkiasennukset, sillä ammattitaito ei usein ole näiden tekoon riittävä
- Huollot
- Kuormitushuippujen tasaus.

Verkkokäsinhitsauksen putket alihankittaviksi

Käsinhitsauksella valmistettavien verkkoelementtien pystyputket valmistetaan tällä hetkellä itse sahaten ja poraillen. Ne ovat kuitenkin hyvin samankaltaisia kuin robottihitsauksessa käytettävät valmiiksi mittoihin katkaistut ja laser-reiitetyt putket. Onkin ajateltu mahdollisuutta siirtyä omavalmisteisten putkien sijasta käyttämään myös käsihitsauksessa laserleikattuja putkia. Liitteessä 9 on pohdittu tämän toteuttamisen kannattavuutta taloudelliselta näkökannalta. Mahdollisten taloudellisten säästöjen lisäksi laserleikattujen putkien käyttöä puoltaa niiden huomattavasti parempi laatu. Laserleikkausta suorittavien konepajojen määrä on Suomessa melko suuri, ja niiden kilpailuttamisella saadaan putket leikattua vielä nykyistäkin edullisemmin.

Omavalmistuksen kulku:

- a. Putkien asettelu nippuun (4×7 kpl) sahalle ja hitsaus
- b. Automaattisahaus. Vaatii satunnaista valvontaa (konehäiriöt)
- c. Aihoiden siirto porauspisteelle
- d. Poraus, ja mahdollinen viimeistely, putkien päiden hionta yms. (yleensä on tarpeetonta hioa putkia).

10.2.6 Tuotantotilojen järjestys

Pieni epäjärjestys tuotantotiloissa todetaan usein merkiksi siitä, että tuotanto toimii tehokkaasti. Tosiasiassa epäjärjestys on merkki jostain aivan muusta. Liika tavara hallien kulkuväylillä haittaa jokapäiväisen tuotannon läpimenoa ja pahimmillaan saattaa aiheuttaa jopa vaaratilanteita. Lisäksi epäsiistit tuotantotilat vähentävät työilmapiirin viihtyisyyttä, ja sitä kautta alentavat työtehoa.

Tuotantotilojen varastojen järjestäminen olisi ensiaskel siistimpiä tiloja kohti. Varastoissa nyt olevista tarpeettomista tavaroista pitää hankkiutua eroon, tai siirtää ne toisaalle. Samalla varastohyllyt tulee nimetä selvästi niillä varastoitavien tavaroiden mukaan. Nimeäminen on jo aloitettu alumiinipursotteiden osalta, ja sitä on aiheellista jatkaa muillekin varaston osille. Varastojen tehokkaan käytön edellytyksenä on myös se, että niihin pääsee helposti käsiksi. Jotkut varastopaikat ovat sellaisia, että niiden eteen kertyy kaikenlaista tavaraa, jolloin hyllylle ei pääse käsiksi esimerkiksi trukilla.

10.2.7 Työntekijöiden motivointi, työergonomia ja -ajat

Työntekijöiden motivointi

Työntekijöiden haastatteluilla selvisi monia pieniä asioita, joilla kyettäisiin todennäköisesti vaikuttamaan positiivisesti työntekijöiden motivaatioon. Motivoituneen työntekijän työtehokkuus on aina parempi kuin

motivoitumattoman. Työhenkilöstö on kuitenkin yksi pienyrityksen tehokkaan toiminnan keskeisiä peruspilareita.

Työntekijöiden ehdotuksia tuotannon tehokkuuden parantamiseksi:

- Liukuvat työajat
- Urakatöitä illaksi
- Tuotantopalkkiot tiimikohtaiseksi
- Urakkapalkkaus tiimeille.

Esimerkiksi urakkapalkkauksen toteuttaminen vaatisi tarkan tiedon kyseisen projektin läpimenoajasta. Tarkat ja todelliset läpimenoajat tulee tämänkin takia kartoittaa johonkin tietokantaan myös harvinaisempien ratkaisujen osalta.

Työajat

Työajat ovat nykyään täysin joustamattomat ilman mitään liukumisvaraa. Kuitenkin monet työt ovat sellaisia, joissa jousto tehostaisi tuotantoa. Nyt on tilanteita joissa työtä ei hirveästi ole, mutta työpaikalla pitää silti olla turhaan, ja taas toisaalta joskus pitää jättää työt kesken työajan päättyessä. Liukuminen toisi mahdollisesti selvät säästöt työkustannuksiin, sillä oikeiden ylitöiden määrä saattaisi vähentyä, koska ne menisivät liukuvuuden piikkiin. Työaikojen liukuvuus lisäisi todennäköisesti myös tehokkaan työn määrää.

Työajan liukuvuudella saatetaan pelätä menetettävän työn valvonnan tehokkuudessa. Lisäksi työilmapiiri saattaa muuttua rikkonaisemmaksi, jos työntekijät ovat hyvin erilaisina aikoina töissä. Liukuvuus voisikin olla tiimikohtaista, ja sisältää esimerkiksi tunnin päivittäisen liukumisen, jolloin viikkotasolla pitäisi saada tietty tuntimäärä täyteen. Tietysti tätä helpottamaan tulee työaikojen seurantajärjestelmä päivittää sellaiseksi, josta näkee suoraan viikon suoritettut tunnit. Työaikojen liukuvuutta voisi kokeilla ensin esimerkiksi jollakin tietyllä työtiimillä ja jos se todetaan työntekoa tehostavaksi, niin sitä voisi asteittain soveltaa myös muihin tiimeihin.

Työpisteiden ergonomian parantaminen

Useissa hitsaustyöpisteissä käsitellään painavia rakenteita ja niiden nosteluun ei ole silti minkäänlaisia apuvälineitä. Työtehokkuutta ja motivaatiota saadaan lisättyä merkittävästi oikeiden, tilanteeseen sopivien työasentojen ja apuvälineiden avulla.

Valaistuksen tehostus

Ainakin tilatiimien toimipisteissä, kokoonpanohallissa, on useissa kohtaa riittämätön valaistus. Kokoonpanohallissa on 34 kappaletta kattoon sijoitettuja valoja, ja viereisessä OC-10 hallissa valoja on 22. Kuitenkin OC-10-hallissa valoteho on huomattavasti parempi, vaikka hallit ovat pinta-alaltaan hyvin samankokoiset. Pientä apua kokoonpanohallin valaistukseen on mahdollista saada maalaamalla seinät jollakin hyvin vaalealla sävyllä, joka heijastaisi valoa paremmin. Nykyään seinien värityys on osittain valkoinen ja vaalean harmaa. Vaaleat seinät auttaisivat myös hallin siistinä pysymiseen, sillä epäjärjestys on enemmän silmäänpistävä, jolloin kynnyksien siivouksen aloittamiseen on pienempi.

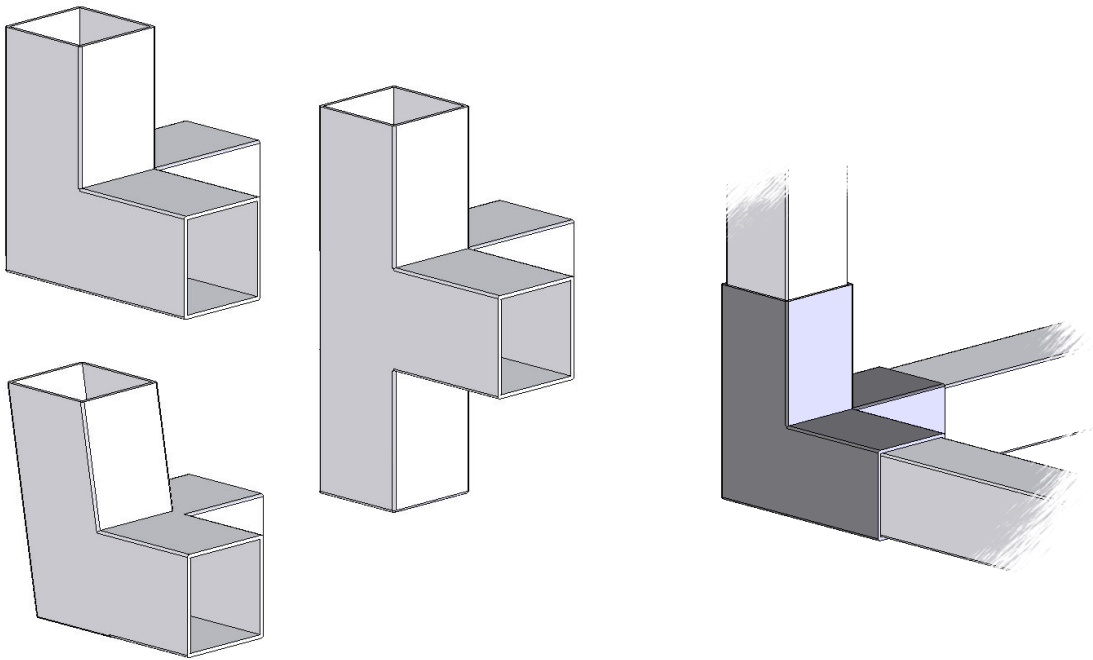
10.3 Tuotteen kehitys

Modulointi

Modulointi tulee suorittaa siten, että kyetään säilyttämään asiakaskohtaisen tuotteen leima. Modulointi tulee siksi rajata hyvin tarkasti tiettyihin osiin. Tilaelementtirakenteissa tällaisia kohteita ovat esimerkiksi runkorakenteet. Tuotteen standardisointi ja modulointi helpottavat myös tuotannon seurattavuutta ja suunnittelua, sillä työn vaatima aika on tällöin paremmin tiedossa.

Verkkotuotteissa modulointi on jo nykyään melko hyvin toteutettu, mutta tilatuotteissa ei ole oikeastaan mitään moduloinnin keinoja hyödynnetty lukuun ottamatta OC-10 -elementeillä toteutettuja rakenteita. Jonkin tyyppistä vakiointia on kuitenkin hyvä saada sisällytettyä tuotteeseen myös laatuajattelun näkökannalta. Esimerkiksi runkorakenteiden ratkaisuja voi hyvinkin vakioida ilman että tuotteen omaleimaisuus häviäisi.

Yksi ratkaisu on toteuttaa tilaelementtirungot helpommin kokoonpantaviksi ja suunniteltaviksi erilaisten, kuvan 24 esittämien, kulmapalojen avulla. Kulmapaloihin hitsataan kokoonpantaessa vain suorat putket, jolloin kokoonpano yksinkertaistuu. Tällä saadaan vähennettyä runsaasti myös suunnitteluun tarvittavaa aikaa.



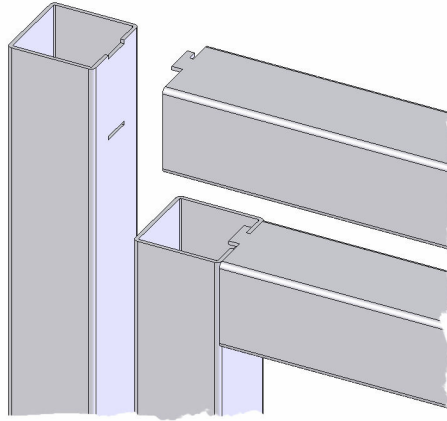
Kuva 24. Runkorakenteiden erilaisia kulmapaloja.

Kulmapalat valmistetaan putkipalkista hitsaamalla, ja jotta päästään riittävään mittatarkkuuteen, tulee käyttää tarkoitukseen suunniteltuja hitsauskiinnittimiä ja mielellään robottihitsausta. Sopivasti mitoitetuilla paloilla saataisiin pienennettyä suorien putkien poikkipinta-alaa rakenteen lujuuden vähentymättä. Tällä säästetään edelleen materiaalikustannuksissa.

Lasernastoituksen hyväksikäyttö

Verkkoelementtirakenteiden käsinhitsauksessa on ehkä joiltakin osin mahdollista hyödyntää laserleikattuja nastoituksia. Kokoonpantaessa nastat lukittuvat paikalleen pitäen kappaleet lopullisissa asennoissaan. Tällöin hitsauksessa ei tarvitse mitään erillistä kiinnittämISRatkaisua, vaan kappaleet ovat nopean käsinkokoonpanon jälkeen hitsausvalmiit. Nastat pitää saada sijoitettua siten,

että ne eivät haittaa teleskopointia. Esimerkki nastoituksesta on kuvassa 25. Nastoituksia voisi olla helpompi hyödyntää sellaisissa kohteissa, joissa on jo nyt käytössä laserleikattuja osia, esimerkiksi Metsotiimin valmistama turvaovi. Tällöin laserleikkauksen lisähinta jää käytännössä olemattoman pieneksi.



Kuva 25. Lasernastoituksen hyödyntäminen putkien paikoittamisessa.

Tilaelementtirunkojen rakenteen vakiointi materiaalinimikkeiden määrää vähentämällä

Tilaelementtirakenteiden rungot ovat edullinen kohde erilaiselle vakioinnille, sillä niiden vakiorakenteisuus helpottaa sekä suunnittelun että tuotannon läpimenoa ilman että lopputuotteen myyntivaltti, omaleimaisuus, siitä merkittävästi kärsisi. Materiaalinimikkeiden määrä on jo tällä hetkellä suhteellisen pieni, mutta siinä on vielä ehkä joiltakin osilta parantamisen varaa.

Jos esimerkiksi putkien $80 \times 80 \times 3$, $90 \times 90 \times 3$ ja $70 \times 70 \times 3$ sijasta käytettäisiin vain yhtä putkikokoa, joka soveltuu tyydyttävästi kaikkiin edellä mainittuihin kohteisiin, saadaan vähennettyä varastossa pidettyjen putkinimikkeiden määrää ja sitä kautta saadaan lisää tilaa varastoihin ja edelleen vähennetään ylijäämämateriaalin määrää. Tietenkin tämä tapa vähentää osaltaan rakenteiden asiakaskohtaisuutta ja niiden kokonaispaino ja lujuus riippuvat hyvin paljon tapauskohtaisesta toteutuksesta. Kuitenkin tällä tapaa saadaan yksinkertaistettua jonkin verran sekä suunnittelun, materiaalihankinnan että tuotannon toimintaa. Materiaalinimikkeiden vähentäminen tulee aloittaa

tarkastelemalla vanhoja rakennepiirustuksia erilaisista tilaelementtirunkorakenteista. Tarkastelujen ja tilattujen materiaalien perusteella arvioidaan menekkiä eri materiaalinimikkeillä ja sitä kautta pyritään pudottamaan joitakin nimikkeitä pois käytöstä ja korvaamaan niitä toisilla.

10.4 Benchmarking

Yrityksen johdolla on jo ollut pitkään kiinnostusta tehdä yritysvierailu johonkin talotehtaaseen, josta saisi mahdollisesti uusia ajatuksia tuotannon ja tuotteiden toteuttamiseen. Tätä ajattelutapaa voisi laajentaa hieman ja pyrkiä toteuttamaan täysipainoista benchmarkingia. Tarkastelua voidaan suorittaa joidenkin yksittäisten toimintojen osalta tai vaikkapa koko tilaus-toimitus-ketjun osalta. Kohdeyrityksien toimialaa ei kannata rajata liian tiukasti, vaan yksi keino on hakea yritykset siten, että kutakin prosessia edustamaan etsitään jokin sillä alalla tunnetusti hyvin toimiva yritys. Benchmarkingilla tarkasteltavia olennaisimpia prosesseja ovat:

- Myynti ja sen edistäminen
- Tuotekehitys ja suunnittelu
- Valmistus
- Laadunohjaus
- Talous.

10.5 Tuotannonohjauksen vaatimukset ja strategia

Toimivan tuotannonohjauksen ja -seurannan aikaansaamiseksi tulee tietää mitä niiltä todella halutaan. Sen lisäksi tulee miettiä millä keinoilla ja apuvälineillä tarvittava seuranta ja ohjaustieto saadaan kerättyä. Tuotannonohjausohjelmiston tärkeimmät vaatimukset ovat OC-Systemin tapauksessa seuraavat:

1. Tehokas tuotannon ja suunnittelun ohjaus
 - Erikseen nimetty henkilö hoitaa sekä tuotanto- että suunnittelutyön aikataulutuksen ja ohjauksen.
2. Reaaliaikainen seuranta eri toiminnoille
 - Kuka tahansa, tarvittaessa asiakaskin, saa seurattua tilauksen etenemistä.
3. Kaikki työhön liittyvät tarpeelliset ohjeistukset helposti saatavilla.

Tuotannonohjausohjelmisto

Toimiva tuotannonohjaus vaatii havainnollisen ja helppokäyttöisen toiminnanohjausohjelmiston. Nykyään käytössä olevan Control 9000:n kehitys on taantunut, eikä se enää ole useilta ominaisuuksiltaan moderni. Vaihtoehtoisia ohjelmia on markkinoilla useita, ja niiden ominaisuuksia on lueteltu liitteessä 3.

Strategia

Imuohjaus on tavallisin ratkaisu tilausohjautuvaan tuotantoon. Sitä voikin toteuttaa joiltain osin, mutta kokonaisvaltaiseksi ratkaisuksi se ei ainakaan nykyiseen organisaation tilaan sovellu. Kapeikko-ohjaus on ehkä helpoimmin nykytuotantoon sopiva keino, mutta maalauslinjan parannustöiden ansiosta aiemmin niin selvää kapeikkoa ei tuotannossa enää ole. Maalausta voi kuitenkin pitää lähtökohtana tuotannon ajoitukselle, sillä se on yleensä tuotannon viimeinen vaativampi vaihe, ja siten sen ajankohta toimitusaikaan nähden on helposti arvioitavissa.

10.6 Varastot ja niiden hallinta

Nykyään yrityksessä ei ole reaaliaikaista varastojenhallintajärjestelmää. Lisäksi tilauksia tekevät useammat henkilöt, jolloin tulee osittain päällekkäisiä toimituksia, ja joskus osat kahteen kertaan. Tavaroiden hankintaan on saatava selvät vastuualueet eri henkilöille, jottei päällekkäisyyksiä pääse syntymään.

Varastojen määrän lisääminen ei ainakaan tuotannon kehittämisen alkuvaiheessa ole suotavaa, sillä ne saattavat vaikeuttaa tuotannossa piilevien ongelmien havainnointia. Esimerkiksi puolivalmiiden kappaleiden varastoinnilla saadaan läpimenoaikaa näennäisesti lyhennettyä, vaikka todellinen tuotanto olisi kuinka ongelmallista.

11. CASE: Hitsausrobotin tuottavuuden kehitys

OC-System Oy:n hitsausrobotti on tällä hetkellä hyvin alhaisesti kuormitettu. Luvussa 9.8 sen käyttöasteen todettiin olevan vain noin 17 %, eli robotilla ajetaan hitsausohjelmaa vain keskimäärin 1 h 20 min kahdeksan tunnin työpäivästä. Lisäksi robotin työteho yksittäisten kappaleiden hitsauksessa ei ole kovinkaan suuri. Yksittäisen kappaleen tarkastelussa kaariaikasuhteeksi muodostui 48 %, joka on yleistä robottihitsaukselta odotettavaa tasoa selvästi alhaisempi.

Näyttää ensialkuun siltä, että robottihitsausaseman tuottavuus saadaan kasvatettua paljon suuremmalle tasolle vain yksinkertaisesti antamalla robotille lisää hitsattavia töitä. Näin menettelemällä ei kuitenkaan välttämättä saavuteta kovinkaan suuria parannuksia, sillä jotkut perusasiat vaativat parannuksia ennen tuotantomäärän nostoa.

Robottihitsausaseman tuottavuuden lisääminen tulee toteuttaa karkeasti seuraavan listan mukaisesti:

1. Nykyisin hitsattavien tuotteiden valmistuksen tehostaminen
 - a. Parempi kiinnitinsuunnittelu
 - b. Ohjelman optimointi tehokkaammaksi
 - c. Kaariaikasuhte on saatava suuremmaksi.
2. Hitsauslaadun parantaminen
 - a. Kappaleiden korjaaminen robottihitsauksen jälkeen on turha työvaihe
 - b. Parempi kiinnitin johtaa suoraan parempaan laatuun.
3. Puomikevennin työpisteeseen
 - a. Kappaleiden nosto telineestä pois saadaan tehtyä vaivattomammin ja nopeammin
 - b. Työntekijä ei rasitu tarpeettomasti.
4. Robottihitsattavien työnimikkeiden lisääminen

- a. Sopivien nimikkeiden valinta
 - b. Kiinnitinsuunnittelu
 - c. Ohjelmointi.
5. Täysipainoisen robottihitsaajan palkkaus
- a. Nykyisen robottihitsaajan täydennyskoulutus
 - b. Työn määrästä riippuen tarvitaan yksi tai kaksi hitsaajaa.
6. Etäohjelmointi tarvittaessa.

Yllä oleva lista on käytännössä ainoa mahdollinen järjestys kehityksen toteuttamiselle, sillä jos esimerkiksi vaihe 4 tehdään ennen vaiheita 1, 2 ja 3, tulee robottihitsausasemalla ilmenemään paljon työtä hidastavia ongelmia. Jos jo nykyisellä työtahdilla robottihitsaajan fyysinen työtaakka on aika-ajoin liian suuri, niin lisääntyneellä hitsausmäärällä se tulisi olemaan jo selvä rasite. Nykyinen robottihitsaaja tekee robottihitsauksen ohella myös monia muita työtehtäviä. Jos robottihitsauksen käyttöaste saataisiin moninkertaistettua, se vaatii vähintään yhden työntekijän täysipainoista työskentelyä robotilla.

Materiaalit yms.

Robottihitsauksen materiaalit ovat alihankkijan toimittamia määrämittäisiä putkia ja verkkoja. Verkot tulevat alihankkijalta valmiiksi mittoihin leikattuina. Verkkojen toleranssit on lueteltu taulukossa 11. Ongelmana ovat olleet verkon mittojen heittelyt eri toimituserien välillä. Peräkkäisten erien välillä leveyden mitta saattaa heittää jopa 5 mm. Ero ei välttämättä johdu suoraan pituus-, leveys- tai ristimitan heitoista, vaan tasomaisuudesta. Kun verkko pakotetaan tasomuotoon, muuttuvat sen pituus-, leveys- ja ristimitat jonkin verran.

Taulukko 11. Robottihitsattavien verkkojen toleranssit.

Koko	Pituus	Leveys	Ristimita	Tasomaisuus
996 x 1128	+0/-3	+0/-3	± 5	+ 15 max
996 x 2260	+1/-2	± 5	± 5	+ 20 max
996 x 828	+0/-3	+0/-3	± 5	+ 10 max
996 x 528	+0/-3	+0/-3	± 5	+ 10 max
1228 x 996	+0/-3	+0/-3	± 5	+ 15 max

Hitsauskiinnitin

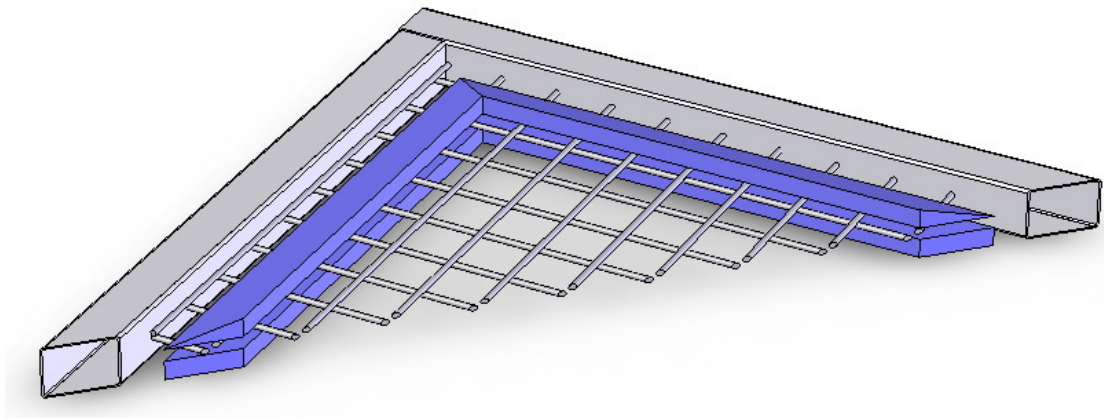
Kuvan 26 esittämä nykyinen hitsauskiinnitin ei purista verkkoja riittävän hyvin, jotta verkon tasomaisuuden heitoista aiheutuvat ongelmat poistuvat. Verkon kiinnitys tapahtuu apukehikoilla, jotka puristetaan paikalleen vain neljästä kohdasta, läheltä verkon kulmia. Tämä aiheuttaa sen että verkko jää reunojen keskiosilta koholleen, jolloin hitsauskohta muuttuu. Tästä aiheutuu edelleen syttymishäiriöitä ja sitä kautta hitsautumattomia lankoja, jotka hitsataan kiinni käsin robottihitsauksen jälkeen.

Toimivampi kiinnitin vähentää hitsauksen ongelmia selvästi, sillä tämän hetken ongelmat tuntuvat juontavan juurensa verkkoaihioiden heikokoihin mittatoleransseihin. Nykyisillä kiinnittimillä verkkolankojen hitsauskohdat vaihtelevat verkon tasomaisuuden vaihteluista johtuen arviolta 1–3 millimetriä. Tapauskohtaisesti hitsausohjelmaa saatetaan joutua jopa muokkaamaan eri verkkoerien mittojen mukaisesti. Parempi verkon kiinnitysmenetelmä vähentää toleranssien aiheuttamia ongelmia.

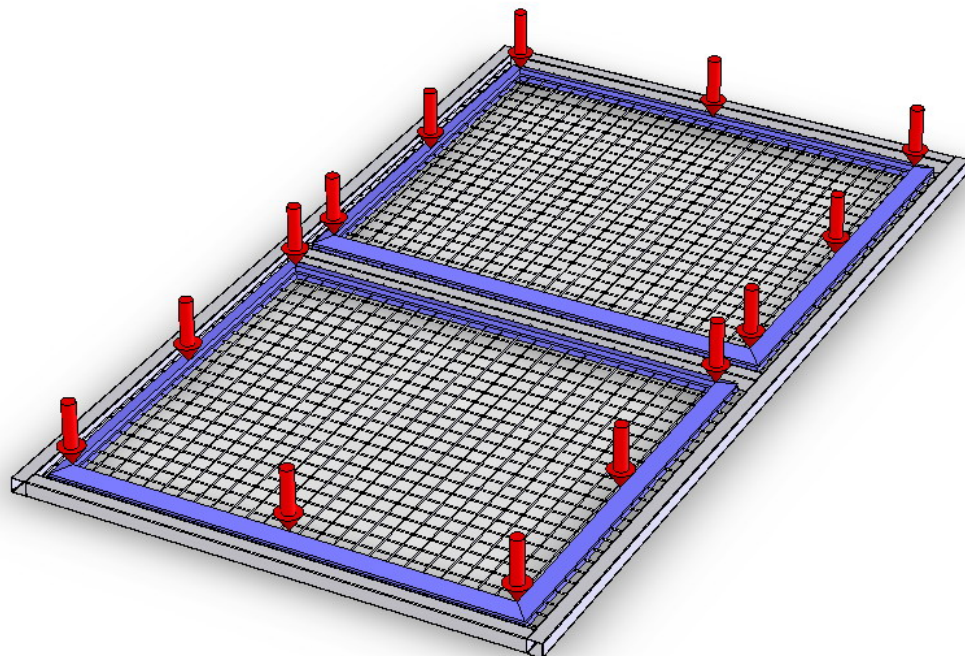


Kuva 26. Nykyinen hitsauskiinnitin 1200 leveälle elementille.

Kiinnittimien verkon vastinpinnat ja puristusosa tulee olla mahdollisimman lähellä verkkoelementin runko-osia, kuitenkin siten, että hitsauspoltin mahtuu esteettömästi liikkumaan. Lisäksi puristin- ja vastinosan pitää olla riittävän leveitä ja rakenteeltaan niin jäykkiä, että ne varmasti puristavat verkkoa tasaisesti. Kuvassa 27 on esitetty periaatekuva toimivammasta verkon hitsauskiinnitimestä.



Kuva 27. Verkkoelementin verkon hitsauskiinnittimen periaatekuva.



Kuva 28. Verkon kiinnittimien puristuskohdat.

Verkon kiinnittimiä tulee myös puristaa tasaisemmin toisiaan vasten. Tähän päästään esimerkiksi kuvan 28 esittämällä tavalla. Verkkoaihion tasomaisuuden heitoista aiheutuvia ongelmia saadaan edelleen vähennettyä, kun verkon pikakiinnittimien määrä lisätään alkuperäisestä kahdeksasta neljääntoista.

Kaariaikasuhteen kehitys

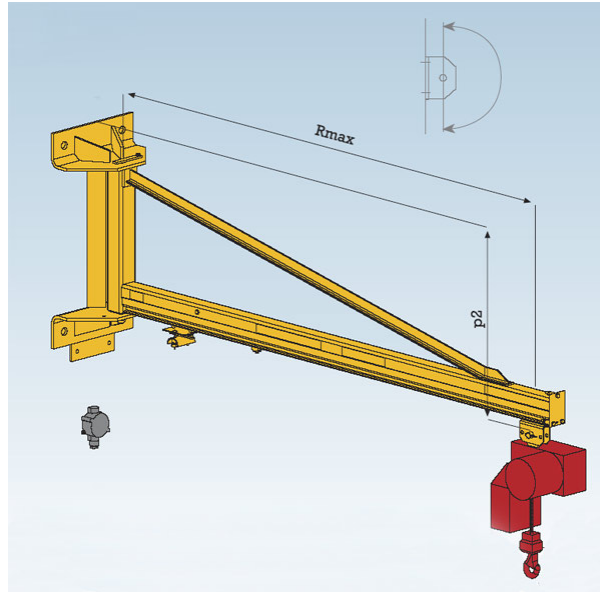
Nykyinen kaariaikasuhte osoittautui melko alhaiseksi, sillä suhteeksi mitattiin 48 % esimerkkikappaleen kokonaisvalmistusajan ollessa noin 391 sekuntia. Tällä tasolla hitsattaessa kappaleita valmistuisi tunnissa noin 9 kpl. Aiemmin tehdyt kannattavuuslaskelmat arvioivat nykytahdilla tapahtuvan robottihitsauksen olevan jopa vähemmän kannattavaa kuin vastaavien kappaleiden käsinhitsaus. Jos kaariaikasuhte saadaan nostettua niin sanotulle oppikirjatasolle, joka on alhaisimmillaan 60 %, kokonaisvalmistusaika vähentyy noin 320 sekuntiin ja tunnissa valmistuisi noin 11 kpl. Tämä lisäisi robottihitsauksen kannattavuutta merkittävästi. Kaariaikasuhteen parantamista kannattaa lähteä etsimään paremman kiinnitinsuunnittelun lisäksi robottiohjelman optimoinnista.

Ohjelmien optimointi

Nykytilanteessa robotin ohjelmissa joitakin liikenopeuksia on tarkoituksellisesti alennettu, sillä robotin johdot heiluvat voimakkaasti suuremmilla liikenopeuksilla, jonka pelättiin aiheuttavan ongelmia. Ennen liikenopeuksien kasvattamista tulee todeta aiheutuuko johtojen heilumisesta ongelmia. Jos aiheutuu, niin heiluntaa on pyrittävä hillitsemään joillakin keinoin.

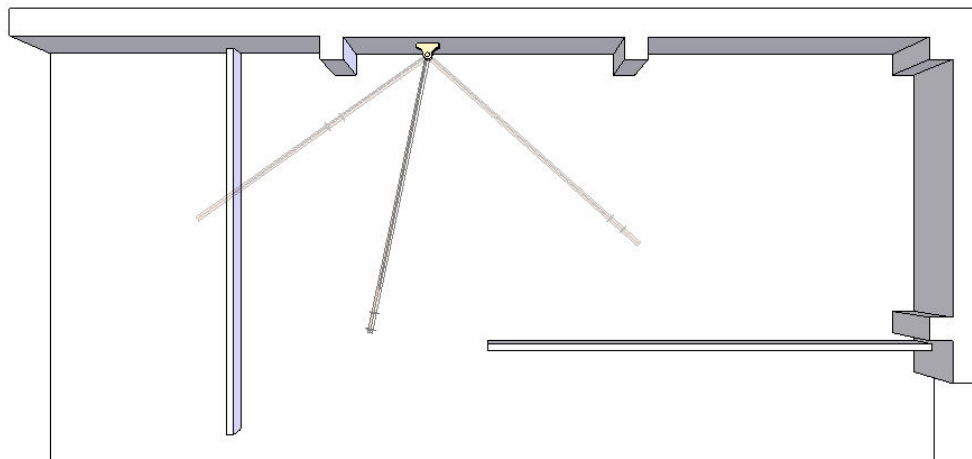
Nostopuomi

Robottityöntekijän fyysistä työtaakkaa tulee saada pienennettyä, sillä jo nykyisellä tahdilla se aiheuttaa työntekijälle tarpeetonta raskautta. Robottiasemaan on jo pitkään ajateltu asennettavan jonkinlaista nostoapuvälinettä. Asemaan sopii esimerkiksi kuvan 29 mukainen kääntöpuominosturi. Puomiin voidaan kiinnittää siinä liukuva kevennin, joka sopivalla kiinnityskoukkuratkaisulla varustettuna on niin helppokäyttöinen, että sitä tulee myös käytettyä. Keventimeksi sopii parhaiten paineilmakäyttöinen laite.

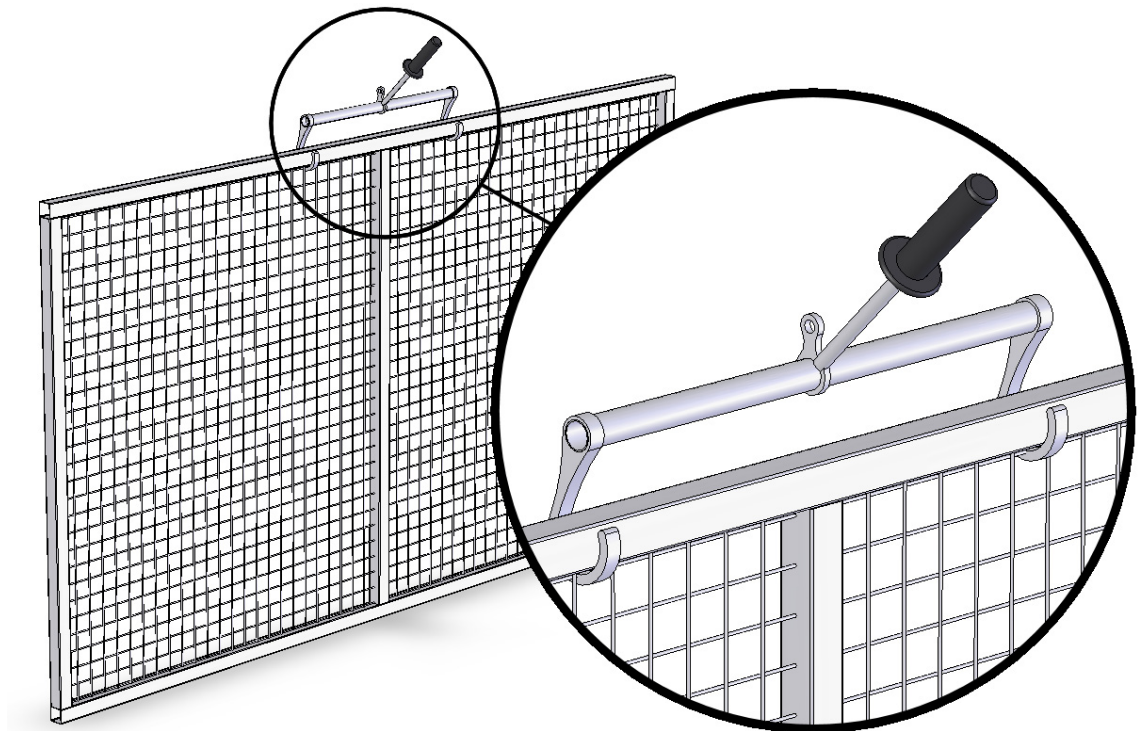


Kuva 29. Kääntöpuominosturi. /50/

Alla oleva kuva havainnollistaa puomin liikerataa sen ollessa 5,5 m pitkä. Tämän pituinen puomi on lähes riittävä ulottumaan kaikkiin tarpeellisiin kohtiin työsolussa. Todellinen puomin pituus ja sijainti tulee selvittää tarkemmin kevenninhankinnan yhteydessä.



Kuva 30. Puomin liikerata robottiasemassa.



Kuva 31. Nostokoukku verkkoelementeille.

Kuvassa 31 esitetty nostokoukku on helppo ja nopea asettaa paikalleen ja se sopii useimpien elementtien nostoon. Koukun sisäosa on ympyrän muotoinen ja se tavallaan käännetään paikalleen. Koukku pitää suunnitella tarkemmin, jotta se varmasti mahtuu poimimaan kappaleen kiinnittimestä. Myös hitsauskiinnittimien suunnittelussa tulee ottaa huomioon koukun vaatima tila. Nykyisissä kiinnittimissä ei ole tilaa nostokoukulle.

Robottihitsattavien tuotenimikkeiden lisäys

Robottihitsattavien tuotteiden määrän lisäys on viimeinen vaihe koko robottihitsaustyön tehostamisessa. Robotisoituun hitsaukseen sopivia tuotteita ovat nykyisten verkkoelementtien ja elementtijalkojen lisäksi muut elementtikoot ja verkko-ovien rungot. Hitsattavia nimikkeitä on myös mietitty tämän työn aihetta sivuavassa projektityössä. Sopivia tuotteita voidaan arvioida niiden menekin ja valmistuksen kannattavuuden avulla. Tuotemäärän lisäys aiheuttaa myös vaatimuksia hitsauskiinnittimille. Kiinnittimet tulee käytännössä suunnitella kokonaan uudestaan siten, että niillä kyetään hitsaamaan myös uudet tuotteet.

Robottihitsauksen laadun parantaminen

Robottihitsauksen tuottavuutta ja laatua voidaan parantaa merkittävästi mitoittamalla hitsit nykyistä tarkemmin. Mitoituksessa voidaan hyödyntää pienahitsien tapauksessa tunkeuman hyväksikäyttöä. Esimerkiksi verkkoelementtien jalkojen hitsien tarkemmalla mitoituksella voidaan saada aikaan huomattava ajansäästö hitsaukseen. Hitsausasentojen optimoinnilla on myös suuri merkitys hitsauksen lopulliseen laatuun ja hitsausaikaan. Kun robottihitsaus saadaan muilta osin toimimaan tehokkaasti, voi olla tarpeellista siirtyä etäohjelmointiin.

12. Kehityskohteiden toteutus

Edellisissä jaksossa kuvattuja tuotannon kehittämiskohteita on mahdotonta kaikkia toteuttaa samanaikaisesti. Siksi, myös yrityksen johdon pyynnöstä, tähän työn osaan on ajateltu kehityskohteiden toteuttamiselle tärkeysjärjestys. Tämä on pyritty tekemään siten että ongelmallisimmat ja kuitenkin helposti korjattavat kohteet on sijoitettu listan kärkipäähän.

1. Suunnittelutyön tarkempi ohjeistaminen

Tällä hetkellä selvin yksittäinen tuotannon läpimenoa hidastava tekijä on liian pitkäksi venyvät suunnitteluajat. Suunnittelijoiden työ sujuu huomattavasti, jopa 50 %, tehokkaammin jos suunnittelija voi keskittyä kerralla vain yhden työn valmistumiseen. Toimiva ohjeistus vähentää merkittävästi töiden välillä hyppimistä. Yksinkertainen suunnitteluaikaa lisäävä keino olisi ohjeistaa suunnittelijoita tekemään yhden työn aina kerralla loppuun, vaikka uusia kiireellisempiä töitä jatkuvasti tuotaisiinkin tehtäväksi.

2. Dokumentointi ja laatu

Kaikentasoinen laatukäsikirjan alainen dokumentointi tulisi aloittaa. Reklamaatioiden, tuotanto- ja suunnitteluongelmien kirjaus helpottaa keinoja niiden ratkaisujen löytymiseen. Samalla tulee nimetä vastuuhenkilöt eri osa-alueille.

3. Varastoiden järjestäminen

Varastotilat olisi hyvä nimetä kaikki samalla tapaa kuten alumiiniprofiilien varastot. Varastojen tilanteen reaaliaikainen ylläpito helpottaisi tilausten tekoa.

4. Tuotannon ohjeistaminen

Selvillä tuotannon ohjeistamisilla saataisiin tuotteiden lopullinen laatu korkeammalle tasolle ja yhdenmukaistettua.

5. Robottihitsauksen tehostaminen

Robottihitsauksen määrää lisäämällä saadaan vähennettyä käsinhitsareiden työtaakkaa ja tehostettua tuotannon läpimenoa.

6. Modulointi

Tuotteiden yksinkertaisella moduloinnilla saadaan vähennettyä merkittävästi sekä suunnittelun että tuotannon läpimenoa. Moduloinnin toteuttamistapoina voidaan käyttää esimerkiksi kappaleessa 10.3 esitettyjä keinoja.

7. Tuotannon kohteiden jatkuva kehittäminen

Tuotannon muiden osien kehittämiseen sisällytetään erilaiset työntekijöiden motivaatiota parantavat asiat, kuten työympäristö. Näiden lisäksi parannusehdotuksia työmenetelmiin on hyvä kerätä jatkuvasti, sillä niistä saadaan usein aikaiseksi toteutuskelpoisia ajatuksia.

Muita, myöhemmin toteutettavia kehityskohteita ovat:

- OC-10 linjaston toimintavarmuuden lisääminen
- Laserleikattujen putkien täysipainoinen hyväksikäyttö
- Tuotteiden kehittäminen edelleen.

13. Tulokset ja niiden arviointi

Tilaus–Toimitus-ketjut

Tilaus–toimitus-ketjujen tarkasteluissa selvämmiksi ongelmaksi havaittiin hyvin pitkäksi venyvät suunnitteluajat. Näiden perussyiksi todettiin selvän ohjauksen ja ohjeistamisen puute, jonka seurauksena töiden välinen hyppiminen lisääntyi oleellisesti. Tätä pystytään yksinkertaisesti vähentämään siten, että suunnittelija tekee vain yhden työn kerrallaan.

Selkein muutos tuotannon läpimenon kannalta oli maalauslinjaston ohjauksen kehittäminen. Yksinkertaisella ohjauslistalla pystyttiin vähentämään maalaamotyöntekijöiden epätietoisuutta töiden oikeasta tekojärjestyksestä ja sitä kautta nopeuttamaan linjaston läpimenoaikaa. Tällöin ennen niin selkeä tuotannon pullonkaula ei enää ollutkaan päällimmäinen ongelma tuotannossa.

Tilaus–toimitus-ketjujen tarkastelu oli tarkoitus suorittaa uudestaan työn lopussa, mutta se ei ollut järkevää sillä mitään suurempia muutoksia tuotannon kehittämisessä ei vielä työn loppuun mennessä ollut tapahtunut. Täten ketjujen tarkastelu kannattaa suorittaa vasta jossain vaiheessa lähitulevaisuutta.

Laskelmien tulokset

Työssä tehtiin kaksi tuotannon kehittämiseen liittyvää laskelmaa. Ensimmäisessä arvioitiin putkiosien romumäärän vähentämiseksi hankittavan hitsauskoneen kannattavuutta. Toinen laskelma vertasi yhden tietyn omavalmisteisen putken kustannuksia valmiiksi laserleikattuun putkeen. Laskelmat ovat suuntaa antavia, sillä ensimmäisen laskelman lähtötiedot ovat hieman puutteelliset, koska aivan sopivasta hitsauskoneesta ei vielä tässä vaiheessa ollut tietoja tarjolla. Toisen laskelman vaatimat tarkat valmistusajat vaativat myös tarkempaa selvitystä.

Robottihitsauksen kehittäminen

Robottihitsauksen kehittämisen keinoista kerrottiin kappaleessa 11. Ne ovat vielä hyvin teoreettisia, ja vaativat lisäselvityksiä, jotta niitä päästään todella

hyödyntämään. Kuitenkin selvimmäksi ongelmaksi nykyisessä alhaisessa hitsauslaadussa paljastui kiinnittimen heikko toimivuus.

Tunnusluvut

Työssä arvioitiin hitsauksen tehokkuutta mittaamalla kaariaikasuhteita tietyistä tuotannon osista. Lisäksi robottihitsauksen kokonaiskäyttöastetta arvioitiin kaariaikakellon avulla. Näiden perusteella saatiin hyvä kuva hitsauksen tiettyjen kohtien toiminnasta. Tuloksiin ei voi sokeasti luottaa, mutta ne kertovat tehokkaasti esimerkiksi hitsausrobotin alhaisesta käyttöasteesta ja melko tehottomasta työkierrosta.

Benchmarking

Benchmarking ajatus oli aina välillä esillä, jolloin oli lähinnä kiinnostusta vierailta jossakin talotehtaassa. Kokonaisvaltaisemman hyödyn kannalta tällainen yksittäinen yritysvierailu ei olisi ollut kovinkaan antoisa, mutta hieman useampien yritysten keskeinen vertailu saattaisi jo tuottaa tulosta.

Tulosten luotettavuus

Tutkimuksen käytännön osan tiedot perustuvat tekijän omiin havaintoihin sekä yrityksen työntekijöiden haastatteluihin. Kummassakaan tapauksessa tiedon oikeellisuudesta ei ole täyttä varmuutta.

14. Johtopäätökset

Yrityksellä on hyvät lähtökohdat ja ennen kaikkea oma halu saada koko organisaation toiminta järjestelmällisemmäksi ja paremmin ohjattavaksi. Nykyiseltä tilaltaan toiminta on osittain sen verran hätäntynyttä, että näennäisen kiireen vuoksi ei ehditä kehittää tiettyjä selvimpiäkään puutteita. Lisäksi tiedonkulku tuotannosta organisaation ylemmille osille on joiltakin osin heikkoa.

Tuotannon voimavarat, työntekijät ja koneet, ovat kapasiteetiltaan riittävät tuotannon tehokkuuden lisäämiselle. Suunnitteluhenkilöstö kykenee työskentelemään itsenäisesti ja myös tällä osastolla on riittävä tehokkuus jopa suunnittelutöiden lisäämiselle. Suunnittelun kehittäminen vaatii kuitenkin pikaisia toimenpiteitä, jotta kiireellisyyden tunne suunnittelusta saadaan hävitettyä.

Työn alussa asetetut tärkeimmät tavoitteet olivat:

1. Tuotannon nykytilan selvitys ja analysointi
2. Tuotannonohjaus- ja seurantajärjestelmän vaatimusten selvitys
3. Tuotannon ja suunnittelun kehittäminen toimivan tuotannonohjauksen vaatimalle tasolle
4. Esiselvitysten laadinta toimivalle tuotannonohjaus- ja seurantajärjestelmälle.

Näistä tavoitteista toteutui täydellisesti vain ensimmäinen. Muut tavoitteista olivat epämääräisempiä ja vaikeasti rajattavia, jonka takia niiden täysipainoinen selvittäminen ei tämän työn puitteissa aivan onnistunut. Tiettyjä kohtien 2, 3 ja 4 sisältämiä asioita saatiin kuitenkin käsiteltyä.

Työn aihetta ei tullut rajattua sen edetessä kovinkaan tarkasti, joten monet tulokset jäivät hieman pintapuolisiksi. Selvemällä rajauksella olisi saatu aikaiseksi toteuttamiskelpoisempia ideoita, sillä useimmat niistä vaativat vielä lisäselvityksiä ennen lopullista toteutusta.

15. Jatkokehitys

Tärkeimpiä jatkokehityksen aiheita ovat luvussa 12 lueteltujen kehittämiskohteiden lisäksi sopivan tuotantotietojärjestelmän hankinta. Nykyinen järjestelmä on melko kankea käyttää, eikä sen päivittämisellä saada aikaan kovinkaan merkittävää muutosta. Sen takia ainoa järkevä vaihtoehto on etsiä joltakin toiselta valmistajalta mahdollisimman hyvin yhteensopiva ja ominaisuuksiltaan riittävä ohjelmisto.

Tuotantotilojen järjestyksen ylläpitoa auttaa myös selvä varastojenhallintaohjelmisto. Jos kaikki varastosaldot ovat helposti nähtävissä näyttöpäätteeltä, ylimääräistä tavaraa ei pääsisi kertymään. Varastohyllyjen määrää ja sijoittelua voisi myös muuttaa vastaamaan paremmin nykyistä tuotannon layoutia. Ylijäämämateriaalien määrän vähentäminen parantaa myös osaltaan tuotannon järjestystä. Putkien hitsaukseen sopivan laitteiston hankintaa kannattaa harkita todella varovasti, sillä sen avulla ei saada poistettua todellista ongelmaa, vaan ainoastaan siitä aiheutuva oire. Materiaaliylijäämää voidaan tehokkaammin vähentää siirtymällä käyttämään enemmän laserleikattuja aihioita.

Hitsauksen kaariaikasuhteita on hyvä mitata uudestaan sitten kun tuotannon osiin on saatu tehtyä parantavia muutoksia. Jos esimerkiksi käsinhitsauksessa päädytään käyttämään lasernastoitettuja aihioita, tulee kaariaikasuhteessa näkyä selvä parannus. Lisäksi kaariaikasuhteita ja hitsausaikoja tulee tarkastella robottihitsauksen tehostamistoimenpiteiden toteuttamisen aikana, jotta saadaan varmuus muutoksien todellisesta tehosta.

Olemassa olevien laatu- ja ympäristökäsikirjojen päivitys ajan tasalle on myös hyvä tehdä, sillä niiden merkitys tulevaisuuden markkinoilla kasvaa vielä entisestään. Näiden aikaansaanti vaatii suuren työpanoksen, mutta niistä saatava hyöty korvannee käytetyt resurssit.

16. Yhteenveto

Tässä työssä selvitettiin OC-System Oy:n organisaation nykytilannetta, ja pyrittiin löytämään keinoja yrityksen eri osien tehokkaamman ohjattavuuden saavuttamiseksi, pääpainon ollessa tuotannon ohjattavuuden kehittämisen keinoissa.

Nykytilan selvitys tehtiin pääasiassa omien havaintojen ja haastattelujen pohjalta. Näiden lisäksi tuotannon läpimenoa tarkasteltiin muutamien esimerkkitilausten tilaus-toimitus-ketjujen läpimenoa avulla. Työn omaksi osaksi lohkaistiin robottihitsausaseman tuottavuuden kehittämisen case-tapaus. Siinä tarkasteltiin mahdollisuuksia hitsausrobotin kokonaiskäyttöasteen nostamiseen.

Selvimmiksi puutteiksi yrityksen toiminnassa paljastuivat erilaiset laatutoiminnan puutteet, pääasiassa kaikilta osin hyvin vaillinainen dokumentointi. Näiden lisäksi tuotannon toiminnassa havaittiin joitakin kehittämistä vaativia kohteita, jotka parantavat tuotannon ohjattavuutta. Tuotannon selkein pullonkaula oli työn alkaessa maalauslinjasto, joka oli hyvin raskaasti kuormitettu.

Tavallisimman kehityskohteen monilla osa-alueilla todettiin olevan dokumentointi. Nykyään dokumentointia ei tehdä juurikaan erilaisissa häiriötapauksissa. Reklamaatioiden, tuotannon ongelmien ynnä muiden dokumentoinnilla saadaan syvällisempää tietoa eri ongelmista, ja pystytään sitä kautta parantamaan yrityksen tuottavuutta. Lisäksi myynnin yhteydessä tulee tarkemmin selvittää tiettyjä yksityiskohtia tilauksen sisällöstä, sillä monia asioita joudutaan tällä hetkellä selvittämään ja selventämään vielä jälkikäteen.

Tuotannon kehittämisen tärkeimmiksi osiksi ilmenivät tuotantotilojen järjestyksen parantaminen, robottihitsauksen tehostaminen ja tuotteen kehittäminen. Järjestystä kyetään parantamaan parhaiten varastojen siistimisellä ja toimivan varastojenhallintaohjelman hankinnalla. Hitsausrobotin käyttöasteen todettiin olevan suhteellisen alhainen, sillä se on käytössä vain noin kuudesosan

päivittäisestä työajasta. Sen kehittämisen tärkeimmiksi kohteiksi havaittiin hitsauskiinnittimien parannustoimet ja tiettyjen, työntekoa helpottavien, apuvälineiden hankinta. Lisäksi robottihitsattavien töiden määrää on pyrittävä lisäämään hitsausrobotin muiden osien kehittyessä. Tuotteiden kehittämiseksi ajateltiin yksinkertaista modulointia tilatuotteiden runkorakenteisiin ja lasernastoituksen hyväksikäyttöä käsinhitsattavissa verkkoelementtirakenteissa.

Työn edetessä tietyt asiat yrityksessä alkoivat parantua ihan oma-aloitteisesti. Maalauslinjastolle kehitettiin hyvin yksinkertainen työhöjouslista, jonka ansiosta siitä aiheutuvat myöhästymiset loppuivat lähes täysin. Tuotantotyöntekijöitä piinannut töitten välillä hyppiminen on sekin työn edetessä vähentynyt merkittävästi. Dokumentoinnin osalta ainoa selvempi parannus on ollut suunnitteluajkojen kartoituksen aloittaminen.

Edellä mainittujen lisäksi yksittäinen näkyvä parannus on C-hallin valojen uusinta, ja nykyään valoteho on jo enemmän kuin riittävä. Työntekijöiden motivointia parantamaan ovat toteutumassa myös liukuvat työajat, jolloin saadaan tehostettua tuotantohenkilöstön ajankäyttöä. Suunnittelutyön parannuksena on siirtyminen vanhasta 2D AutoCAD-suunnitteluohjelmasta uuteen Solidworks 3D-ohjelmaan, jonka käyttöönotto ja samalla tietokoneiden uusinta on ajankohtainen juuri tämän työn kirjoituksen hetkellä.

LÄHTEET

1. OC-System. 2007. [Verkkodokumentti] URL: www.oc-system.fi. Viitattu: 27.5.2007.
2. OC-News. 2006. OC-System Oy:n asiakaslehti. Offsetpaino Ltuovinen Ky. Kuopio.
3. Räisänen, P. Haastattelu 7.12.2006.
4. Uusi-Rauva, E. et al. 2003. Teollisuustalous. Tammer-Paino. 2003. Tampere. 438 s. ISBN 951-96765-3-8.
5. Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY. 1997. Porvoo. 398 s. ISBN 951-0-21436-1.
6. Uusi-Rauva, E. 1988. Tuottavuuden seuranta. Teollisuuden Kustannus Oy. Tampereen kirjapaino Oy. 1988. Tampere. 127 s. ISBN 951-599-010-6.
7. Hurskainen, J., et al. 1987. JOT käytännössä. Tekninen tiedotus 12/87. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Lahden Kirjapaino ja Sanomalehti Oy. 1987. Lahti. 51 s. ISBN 951-817-345-1.
8. Lukka, K. 1989. Alihankintapäätöksenteko ja laskentatoimi. Turun kauppakorkeakoulun julkaisuja, Sarja B-2:1989. Turun kauppakorkeakoulun monistamo. 1989. Turku. 36 s. ISBN 951-738-511-0.
9. Lehtinen, U. 1991. Alihankintajärjestelmä 1990-luvulla. Gummerus kirjapaino Oy. 1991. Jyväskylä. 151 s. ISBN 951-563-278-1.

10. Eloranta, E., et al. 1986. Ohjattavuusanalyysi. Tutkimus tuotannon ja sen ohjauksen kehittämisestä Suomessa. Kyriiri Oy. 1986. Helsinki. 223 s. ISBN 951-563-188-2.
11. Vilpas, M. 1990. Konepajan hitsaustuotannon rationalisointi. Tekninen tiedotus 25/1990. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1990. Helsinki. 67 s. ISBN 951-817-487-3.
12. Mankki, J. 1988. Verstaan tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelu ja valinta. Tekninen tiedotus 22/88. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1988. Helsinki. 66 s. ISBN 951-817-412-1.
13. Laurila, T. 1987. Tuotestandardisointi. Tekninen tiedotus 18/87. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1987. Helsinki. 49 s. ISBN 951-817-356-7.
14. Ahola, H. 1988. Automatisoidun kaarihitsauksen huomioon ottaminen tuotteen suunnittelussa. Tekninen tiedotus 16/88. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1988. Helsinki. 45 s. ISBN 951-817-402-4.
15. Österholm, J., Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. MET julkaisuja 21/2001. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 2001. Helsinki. 64 s. ISBN 951-817-773-2.
16. Veräjänkorva, J. 1986. Laatutekniikka. 3. painos. Insinööritieto Oy. 1986. Helsinki. 282 s. ISBN 951-793-003-8.
17. Kauppalehti Extra. 11.11.1999. Laatu lasten kielellä.
18. Juva, A. et al. Laadunohjaus hitsaavassa teollisuudessa. Tekninen tiedotus 10/84. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1984. Helsinki. 49 s. ISBN 951-817-206-4.

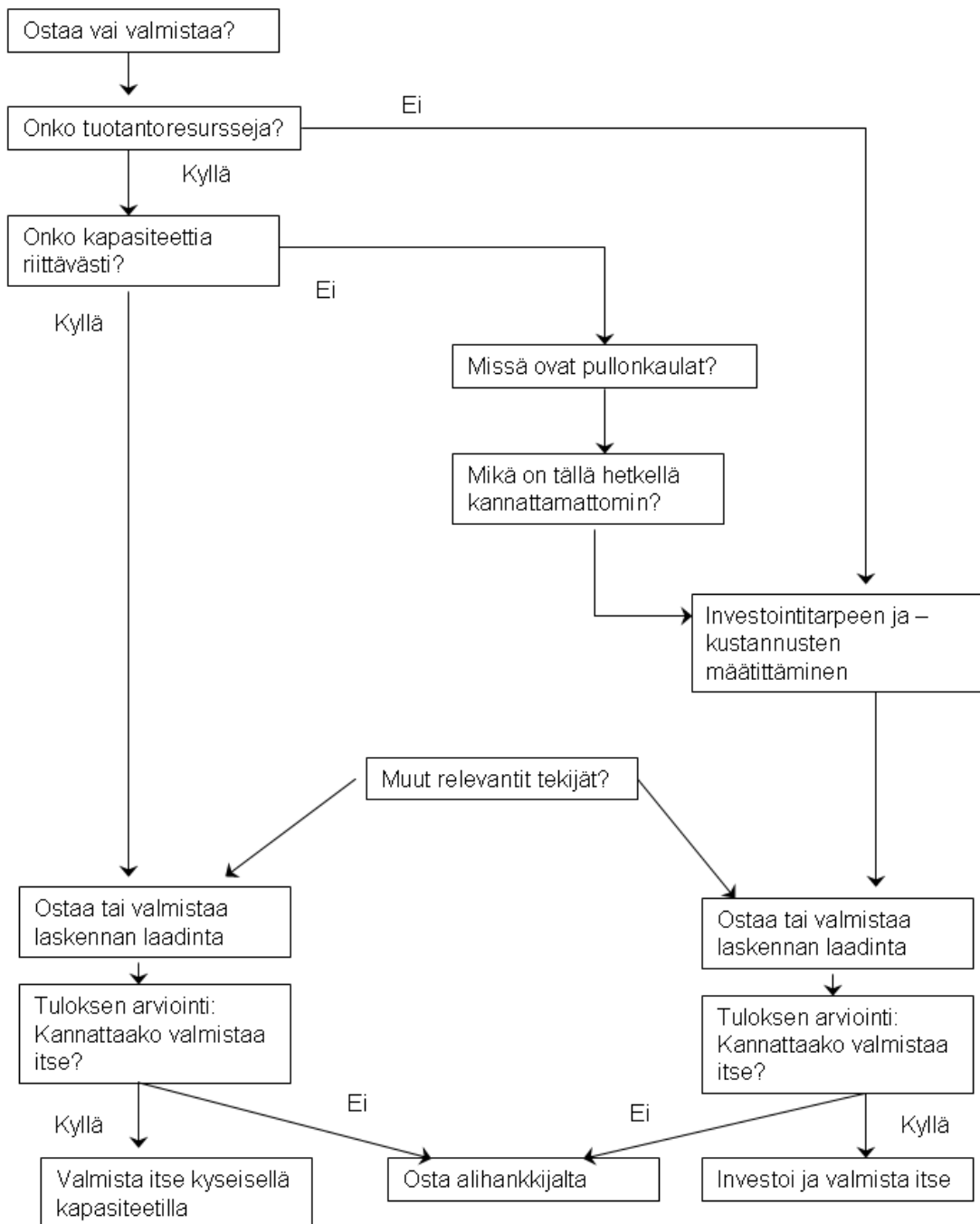
19. Slack, N. et al. 2001. Operations Management. FT Pitman Publishing. 2001. Lontoo. 815 s. ISBN 0273-64657-5.
20. Virtanen, P. 1985. Uudistuva tuotannonohjaus. Toimiva tuotannonohjaus – osa toiminnanohjausta. Tuotantotalouden kerho Prodeko: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Painotalo MIKTOR Ky. 1985. Helsinki.
21. Airas, M., Penttilä, R. 1985. Yrityksen tuotannonohjaus. Kustannus Oy Talousjulkaisut. Etelä-Saimaan Kustannus Oy. 1985. Lappeenranta. 115 s. ISBN 951-95734-1-0.
22. Segerstedt, A. 1996. Formulas of MRP. International journal of production economics. 46–47 (1996). s. 127–136. ISSN 0925-5273.
23. Tölli, A. 1990. Kapeikkoajattelun käytännön sovellutuksia. Metalliteollisuuden keskusliitto. Tekninen tiedotus 12/90. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1990. Helsinki. 35 s. ISBN 951-817-474-1.
24. Kajaste, V. et al. 1994. LEAN-toiminta. Metalliteollisuuden keskusliitto. Tekninen tiedotus 6/94. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Tammer-Paino Oy. 1994. Tampere. 105 s. ISBN 951-817-592-6.
25. Vaidya, V., George, B. 2007. Applying Lean to Welding Operations. Welding Journal April 2007. ISSN 0043-2296.
26. Tuominen, K. 1993. Benchmarking – prosessiopas, Opi ja kehitä kilpailijoita nopeamin. Tekninen tiedotus 10/93. Metalliteollisuuden kustannus Oy. Tammer-Paino Oy. 1993. Tampere. 113 s. ISBN 951-817-575-6.

27. Nykänen, K. 1987. OPT-ajattelu täydentää JOTia. Konepajamies-lehti 10/87. s. 76–77. ISSN 0023-3277.
28. Puranen, P. 2003. Six Sigma -menettely. Rakennustekniikka. 1/2003. s. 49–51. ISSN 0033-913X.
29. Plotkin, H. 1999. Six Sigma – miten sitä käytetään. Fakta talous ja tekniikka tänään. 8/99. Harvard Management Update. s. 4–5. ISSN 0358-626X.
30. de Mast, J. Bisgaard, S., 2007. The Science in Six Sigma. Quality Progress. January 2007. s. 25–29. ISSN 0033-524X.
31. Karjalainen, E. 1999. Six Sigma – uuden millenniumin laatutavoite. Laatuviesti. 4/99. s. 26–29. ISSN 0783-0963.
32. Sääksvuori, A., Immonen, A.. 2002. Tuotetiedonhallinta PDM. Talentum Media Oy. Gummerus Kirjapaino Oy. 2002. Jyväskylä. 201 s. ISBN 951-762-796-3.
33. Martikainen, J. 2003. Hitsaustekniikan jatkokurssi. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Digipaino.
34. Veikkolainen, M. 1999. Robotisoidun MAG-hitsauksen tehostaminen. Hitsaustekniikka. 6/99. s. 4–7. ISSN 0437-6056.
35. Lukkari, J. 1996. Esimerkkejä hitsauksen tuottavuuden parantamisesta. Hitsaustekniikka. 5/96. ISSN 0437-6056.
36. Leino, K. 1998. Mekanisoinnin ja automatisoinnin vaikutus hitsauskustannuksiin. Hitsaustekniikka. 6/98. s. 20–23. ISSN 0437-6056.

37. Lukkari, J. 1997. Hitsaustekniikka – Perusteet ja kaarihitsaus. Edita Prima Oy. 2002. Helsinki. 291 s. ISBN 952-13-1409-5.
38. Blodgett, O.W. 2006. Longer, Smaller Size Fillet Welds Reduce Costs. Welding Design and Fabrication. June 2006, s. 12-13. ISSN 0043-2253.
39. Suomen standardisoimisliitto. SFS 2373. Hitsaus. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. 1980. 38 s.
40. Niemi, E. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Painatuskeskus Oy. 1993. Helsinki. ISBN 951-37-1115-3.
41. Leino, K., Meuronen, I. 1987. Hitsauskiinnittimien suunnittelu. Tekninen tiedotus 15/87. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 1987. Helsinki. 84 s. ISBN 951-817-348-6.
42. Leino, K., 1995. Robottihitsattavan tuotteen suunnittelukriteerejä. VTT Valmistustekniikka. Hitsauksen robotisointi –seminaaripäivä. Lappeenranta 10.1.1995.
43. Kara, J., Leino, K., 1991. Quo Vadis, hitsaava teollisuus?. Hitsaustekniikka. 4/91. s. 36–44. ISSN 0437-6056.
44. Leino, K. 1998. Hitsausmenetelmän vaikutus hitsauskustannuksiin. Mitä suunnittelijan on hyvä tietää?. Hitsaustekniikka. 4/98. s. 20–26. ISSN 0437-6056.
45. Grönlund, E. 1985. Hitsaustekniikka. Otakustantamo. 1985. Espoo. 412 s. ISBN 951-671-187-1.

46. Esab. Verkkodokumentti. Leimuhitsaus. [Viitattu: 15.1.2007] Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes-flash-butt.cfm>
47. Aho, T. 1981. Investointilaskelmat. Suomen Ekonomiliitto ja Weilin + Göös. Vaasa Oy. 1982. Vaasa. 317 s. ISBN 951-35-2539-2.
48. Kuronen, P. Haastattelut OC-System Oy:ssä 11.1.2007, 26.1.2007.
49. Rissanen, J., Haastattelu OC-System Oy:ssä, 26.1.2007.
50. Erikkila. 2007. [Verkkodokumentti] URL: www.erikkila.com. Viitattu: 20.3.2007.
51. Ollikainen, M. et al. 2006. Tuotantotiedon hallinnan tietotekniset apuvälineet ja niiden käyttö tuotannon informaatiovirran hallinnassa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 69. LTY Digipaino. 2006. Lappeenranta. 73 s. ISBN 951-214-292-1.

Liite 1. Osta tai valmistaa alihankintapäätösprosessin vaihtoehdot. /8, s. 20/



Liite 2. Ohjattavuusanalyysin analyysit. /10, s. 117–118/

Ohjattavuusanalyysin standardianalyysit.

Analyysi	Miksi?
Kannattavuus	Yleiskuva kehityksestä ja kannattavuudesta, kriittiset menestystekijät
Pääomarakenne	Yleiskuva toimintojen ohjauksen painopistealueista
Käyttöpääoma	Lyhyen aikavälin painopistealueet toimintojen ohjauksessa
Kustannusrakenne	Ohjauksen kehittämisen painopisteet koko yksikön kannalta
Tuotekustannusrakenne	Ohjauksen ja tuottavuuden kehittämisen painopisteiden haku
Läpäisyajan rakenne	Läpäisyajan lyhentämisen painopisteiden haku
Toimituskyky	Toimitusajan ja toimitusvarmuuden tason ja kehityspotentiaalin arviointi
Vaihto-omaisuus	Vaihto-omaisuuteen sitoutuneen pääoman painopisteet

Ohjattavuusanalyysin erikoisanalyysit.

Analyysi	Miksi?
Toimituskyky:	
Tarjouskanta vs. tilauskanta	Tarjoustoiminnan järkevyyt
Menekin kehitys	Kokonaismenekin kehityssuunnat esimerkiksi tuoteryhmätasolla
Menekin ennustaminen	Menekin ennustettavuus ja ennusteiden laatu
Menetetty kate	Menetetyt tilaukset, hinnoitteluvirheet ja niiden syyt
Kapasiteetin ohjaus:	
Kuormitustilanne	Kapasiteetin käytön tehokkuus
Prosessin rakenne ja toimintatapa	Tuotantoprosessin kehityskohteet, kapasiteetin ohjauksen periaatteet
Valmistuksen erä koko	Eräkokojen vaikutus tuotekierto, kehittämisen potentiaali
Työkustannusrakenne	Ohjauksen ja rationalisoinnin kannalta tärkeimmät kehityskohteet
Materiaalien ohjaus:	
Vaihto-omaisuuden rakenne tarkasti	Vaihto-omaisuuserien sisältö ja pääoman sitoutuminen
Nimikkeiden määrä	Materiaalien ohjauksen ongelmakohtat
Materiaalikustannusrakenne	Tuoterakenteen tärkeimmät komponentit ohjauksen kannalta
Materiaalipuutteet	Materiaalipuutteiden yleisyys ja kohdistuminen

Liite 3. Markkinoilla olevien tuotannonohjausohjelmistojen ominaisuuksia.

/51/

	Adjutant	Matfox	Lean Manufacturing System	Work-Manager	Manageri II
Valmistaja	Vidis Oy	Mech-Soft Oy	TietoEnator	Pro-Backup Oy	ManageApplications
Ulottuu lattiatasolle asti	x	x	x	-	x
Resurssien / kuormituksen hallinta	x	x	x	x	x
Työjonojen hallinta	x	x	x	-	x
Vaiheistus / Vaiheajat	x	x	x	x	x
Materiaalien ja komponenttien hallinta	-	x	x	x	x
Alihankkijat	-	x	x	x	x
Dokumenttien hallinta / liitetiedot	x	x	x	x (piirustus-arkisto)	x
Tiedonkeruu / reaaliaikainen seuranta	x	x	x	x (tiedonkeruupääte)	x
Liitännät muihin järjestelmiin	x (C9000, Nova, Econet)	x	x	-	x
Web käyttöliittymä	-	x (etätyöpöytä)	x	-	-
Mahdollistaa paperittoman toiminnan	x	x	x	-	-
Työntekijällä palautteenantoon	x	x	x	-	-
Graafinen käyttöliittymä	x	x	x	-	x

Liite 4. Hitsauskustannuksien laskulausekkeitä. /37 s. 58–60/

Hitsauslisäainekustannukset [€/m]

$$K_L = M \times \frac{H_L}{N}$$

- jossa M on hitsiainemäärä [kg/m]
 H_L on lisäaineen ostohinta [€/kg]
 N on hyötyluku ts. lisäainemäärästä hyödynnettävä osa
(MIG/MAG-hitsauksessa 0,95)

Suojakaasukustannukset [€/m]

$$K_S = \frac{M}{T} \times V \times H_S \times k$$

- jossa T on hitsiaineen tuotto [kg/h]
 V on kaasun virtausmäärä [l/min]
 H_S on kaasun ostohinta [€/kg, €/m³]
 k kerroin: 0,06 (seoskaasu), 0,12 (hiilidioksidi)

Työkustannukset [€/m]

$$K_T = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_T$$

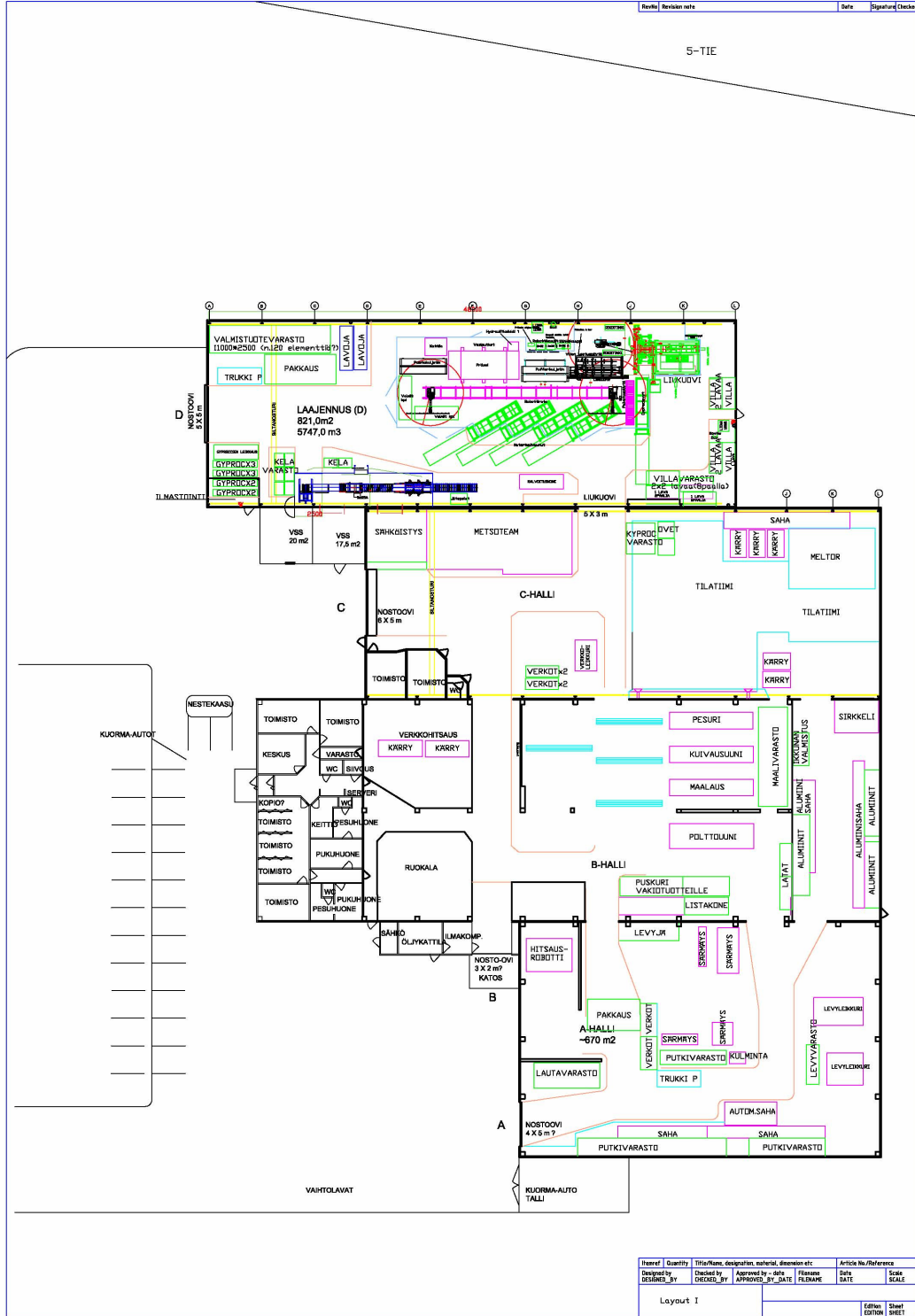
- jossa e on kaariaikasuhte
 H_T on työtunnin hinta [€/h]

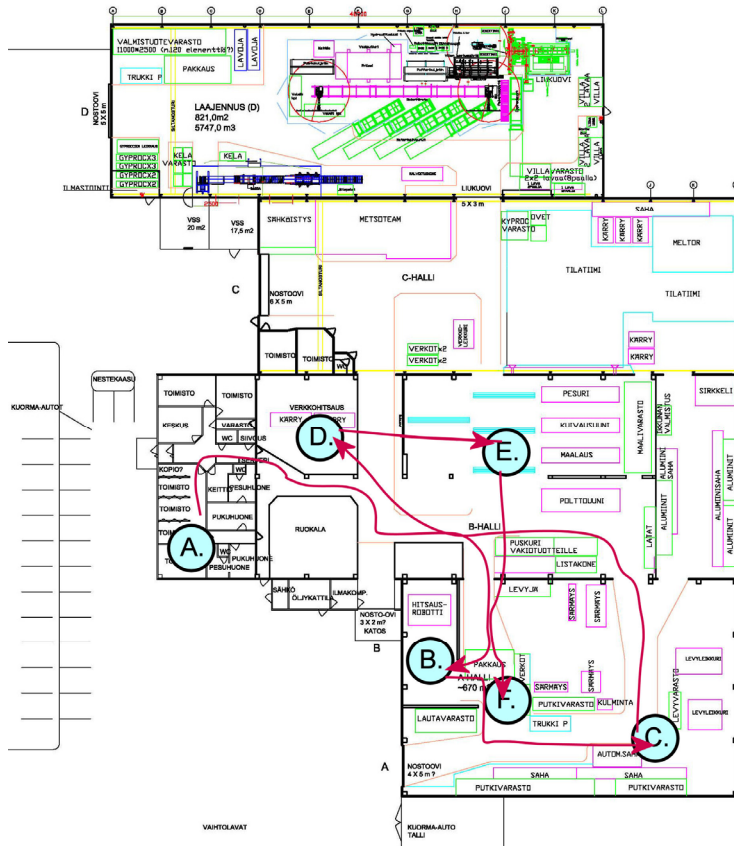
Energiakustannukset [€/m]

$$K_E = M \times E \times H_E$$

- jossa E on energian kulutus [kWh/kg]
 H_E on energian ostohinta [€/kWh]

Liite 5. OC-System Oy:n tuotantotilojen Layout.

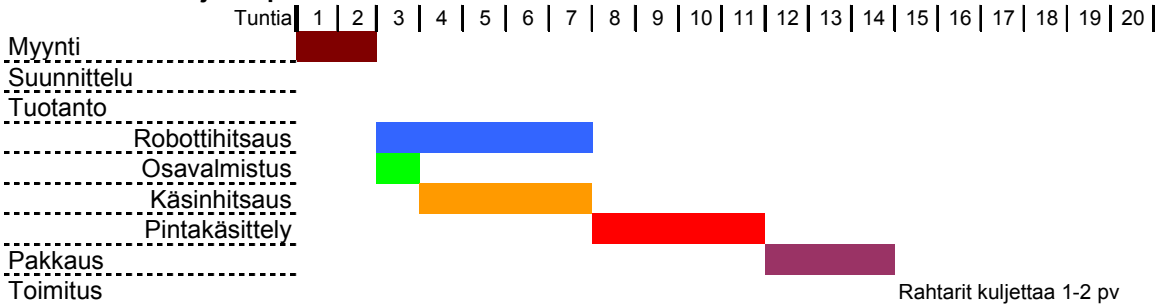




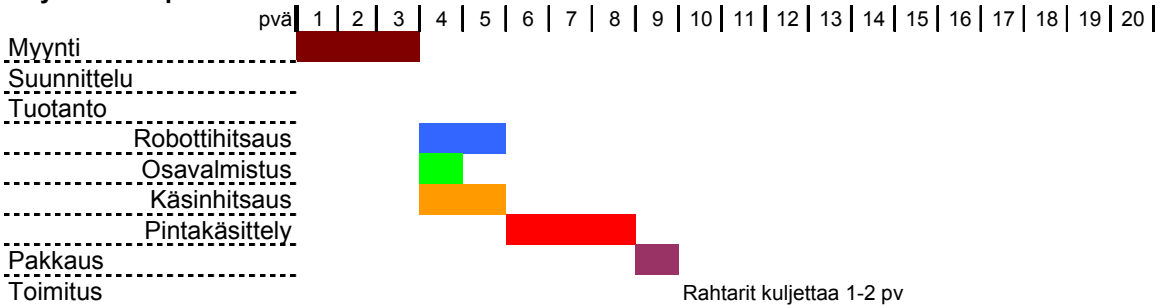
**Tilaus-Toimitus-ketju
Verkko-osille**

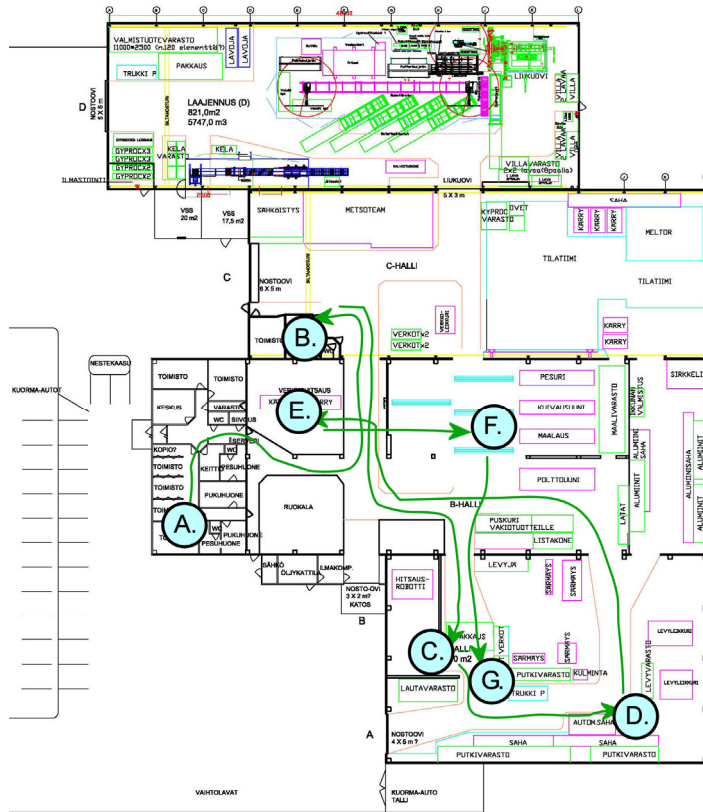
- A. Myynti
- B. Robottihitsaus
- C. Osavalmistus
- D. Käsinhitsaus
- E. Maalaus
- F. Pakkaus

Teoreettinen ketjun läpimenoaika



Käytännön läpimenoaika

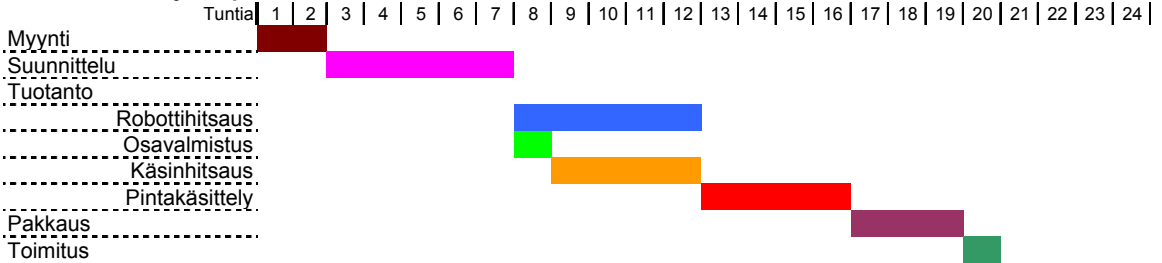




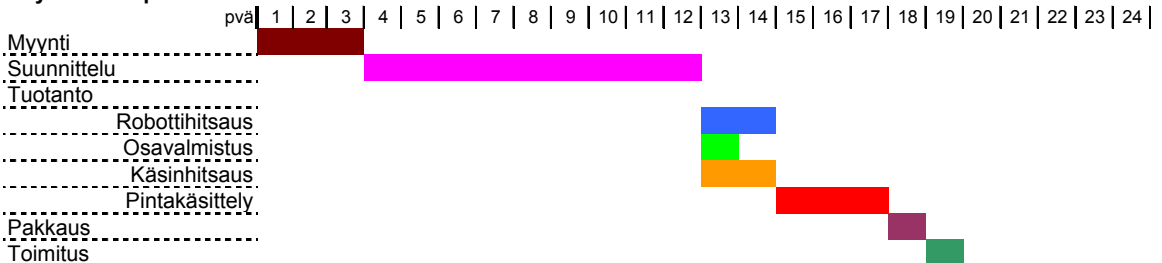
**Tilaus-Toimitus-ketju
Newico tilaukselle**

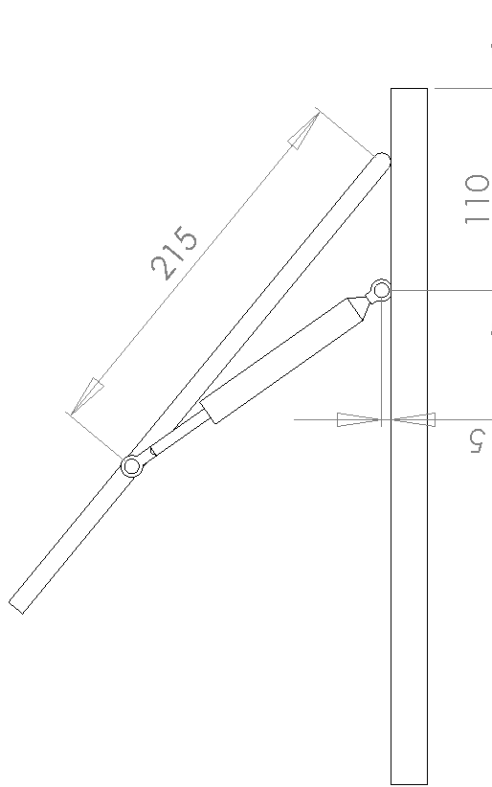
- A. Myynti
- B. Suunnittelu
- C. Robottihitsaus
- D. Osavalmistus
- E. Käsinhitsaus
- F. Maalaus
- G. Pakkaus

Teoreettinen ketjun läpimenoaika



Käytännön läpimenoaika



OC-System Oy	Työohje	OC-System Oy	Työohje
Tuote:	Luukku 300x500	Tuote:	1200x2100 verkkoelementti
Työväline:	Kaasujousen tyyppi ja asennusmitat	Tuotenumero:	356
Kaasujousen tyyppi:	Pituus 300 mm, voima 500 N	Työväline:	Käsinhitsaus
Asennusmitat:		Työn kulku:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Osien kiinnitys hitsauspöytäan 2. Hitsataan putkien kulmat pisteillä 3. Tarkistetaan kulmamitat ja hitsataan lopullisesti 4. Asetetaan verkko osat aputyökaluilla 5. Verkon hitsaus 6. Tarkistetaan lopulliset mitat.
Työaika:		Työaika:	n. 12 minuuttia
Hitsien mitat:		Hitsien mitat:	<p>Putket Hitsataan molemmilta puolilta, yhteensä 8 hitsiä elementissä.</p> <p>Verkko Hitsin pituus 35 mm, a-mitta 3 mm Hitsataan joka kolmannen langan kohdalta yhdeltä puolelta. Hitsin pituus n. 6 mm, a-mitta n. 3 mm.</p>
Huomioitavaa:		Huomioitavaa:	Putkien hitsauksessa ei saa tapahtua lämpöalamista.

OC-System Oy Poikkeamaraportti

Työnumero	12345
Asiakas	Oy Yritys Ab
Toimitusosoite	Yritystie 1
Piirustusnro.	678
Toimitusaika	9.10.07
Poikkeaman kuvaus	Pintakäsittely viallinen
Korjausehdotus	Uusien osien toimitus
Poikkeaman havaittu	10.10.07
Vastuuhenkilö	
Poikkeama käsitelty	15.10.07

Poikkeman syy	Viallinen pintakäsittelylaitteisto
Toimenpiteet	Korjaus, 20.10.07

Liite 8. Romuputkien hyödyntämisen laskelmat.

Romuputkien hyödyntäminen

Lähtötiedot	
Romun määrä vuodessa	60000 kg
Romun koostumus	
Putkia	50 %
Levyjä ja muuta	50 %
Yhteensä romua	5000 kg/kk

Romun määrä 4kk:n ajanjaksolta	5940 kg/kk
	5860 kg/kk
	4980 kg/kk
	5240 kg/kk
Keskim.	5505 kg/kk
Pyöristetään alas	5000 kg/kk

Romun hinta	70 €/tn
Hukkapätkien yms hinta romuna	350 €/kk

Putkipalkit

Uuden putken / putkipalkin ostohinta	1,2 €/kg
Putkiromun määrä	2500 kg/kk
Putkiromusta saadaan hyödynnettyä	60 %
Hyödynnetyn osan arvo	1800 €/kk

Ylijäävän osan määrä	1000 kg
Ylijäävän osan arvo romuna	70 €/kk

Säästöt kuukaudessa	1695 €/kk
	20340 €/vuosi

Kierrätetyn osan määrä	1500 kg
Kierrätetyn osan arvo romuna	105 €/kk

Jos putket...

...myydään kaikki romuna	175 €/kk
...hyödynnetään osa, ja loput romuna	1765 €/kk

Kustannukset

Energian hinta	
Sähkön hinnan muodostuminen	
Energia	0,06 €/kWh
Siirto	0,03 €/kWh
Sähkön kokonaishinta	0,08 €/kWh

Konekustannukset	
Koneen investointikustannukset	54 650 €

Työvoiman hinta	
Suorat palkkakustannukset [€/h]	10,00 €/h
Epäsuorat lisäksi 65%	6,50 €/h
Yht	16,50 €/h

Koneen investointikust	
Koneen hankintahinta	52 950 €
Asennustarvikkeet	1 000 €
Asennustyömäärä	40 h
Asennustyön hinta	660 €
Muut kulut	40 €
Investointi Yht.	54 650 €

Energiakustannukset	
Koneen nimellisteho	100 kVA
Tehokerroin	85,00 %
Teho	85 kW

Liitoksen tekoon kuluva aika	10 s
Liitoksia/pvä	10 kpl
Liitoksia/kk	200 kpl
Käyttöaika/kk	0,56 h
Sähkönkulutus	47,22 kWh/kk

Kustannus/kk	3,86 €/kk
Kustannus/vuosi	46,35 €/vuosi

Työvoimakustannukset	
Työaika yhden liitoksen tekoon	3 min
Työaika/kk	10,00 h
Työvoimakustannukset	165,00 €/kk
	1980,00 €/vuosi

Huoltokustannukset	
Varaosat / kk	10 €/kk
Huoltotunnit /kk	5,00 h
	1110 €/vuosi

Koneen maksuun jäävä osa ja maksuaika

Plussat	
Vuosittainen "säästettävä" summa	20340 €/vuosi
Miinukset	
Työvoimakustannukset	1980 €/vuosi
Energiakustannukset	46 €/vuosi
Huoltokustannukset	1110 €/vuosi
Koneen maksuun jäävä osa	17204 €/vuosi

Koneen hinta	54650 €
Maksuaika ilman korkoja yms	3,18 vuotta

Vuotuinen korko	10,00 %
Takaisinmaksuaika korkoineen	4,01 vuotta

Hintatiedot

Vanha hinta	
Laserleikattu 2100 putki	5,59 €/kpl
Raakaputken metrihinta	1,78 €/m
Laserleikkauksen hinta	1,85 €/kpl

Uusi hinta (huhti 07)	
Laserleikattu 2100 putki	4,79 €/kpl
Raakaputken metrihinta	1,59 €/m
Laserleikkauksen hinta	1,45 €/kpl

Onko x,xx m pitkä 35x35 putki kannattava valmistaa itse?

Haluttu pituus	2100 mm
Putkiation pituus	6,50 m
Putken metrihinta	1,59 €/m
Putken hinta	10,34 €/kpl
Putkesta saadaan kplleita	3,00 kpl
Jämäputken pituus	0,20 m
Jämästä saadaan hyödynnettyä	0,00 %
Romuksi jää	0,20 m
35x35 paino	1,30 kg/m
Romun määrä	0,26 kg
Romun hinta	50,00 €/m
Romun hinta tässä	0,01 €

Putken todellinen hinta	
Putken pituus	6,50 m
Hyödynnetty pituus	6,30 m
Putken hinta	10,34 €/kpl
Jämän arvo romuna	0,01 €/kpl
Yht.	10,32 €/kpl
Todellinen metrihinta	1,64 €/m
x, x m putken arvo	3,44 €

Työvoimakustannukset	
Tuntipalkka	10,00 €/h
Sivukulut (65 %)	6,50 €/h
Yht.	16,50 €/h

Konekustannukset (Huolto yms)	
Saha	1,50 €/h
Hitsauskone	5,00 €/h
Pora	1,00 €/h
Hiloma	1,00 €/h

Energiakustannukset	
Sähkön hinta	0,08 €/kWh
sahan kulutus	2,00 kW
poran kulutus	1,50 kW
Hitsauskoneen kulutus	10,00 kW

Sahaoksen kulku	
Putkia nipussa 4x7	28 kpl
Kappaleita nipussa	84 kpl
Tavaroiden kuljetus sahalle	4,00 min
Sahan valmisteluhiatus yms	5,00 min
Sahaustyön valvonta	5,00 min
Sirto hitsauspaikalle	4,00 min
Yht	18,00 min
Yht	0,30 h
Yht	0,00 h/kpl

Sahausaika [Koneaika]	
Nipun sahaus	12,00 min
yksittäisen kappaleen	0,14 min
Yht.	0,00 h

Sahaoksen konekustannukset	
Konekustannukset	0,01 €/kpl
Konekustannukset per 84 kpl	0,42 €

Sahaoksen työkuustannukset	
Sahaustyön hinta/kpl	0,06 €/kpl

Sahaoksen energiakustannukset	
Sahausenergian hinta/kpl	0,00 €/kpl
Muut	84:lle kplleelle 0,04 €

Konekustannuksiin arvioitu huolto yms kulut

Sahaus
Putket sahataan 28 kpl nipussa

Porausken vaatima työaika	
2,10 min	
0,04 h/kpl	

Porausken konekustannukset	
Konekustannukset	0,04 €/kpl

Porausken työkuustannukset	
Porausken hinta/kpl	0,58 €/kpl

Sahaoksen energiakustannukset	
Porausenergian hinta/kpl	0,00 €/kpl

Konekustannukset	
Sahaustyöväihe	0,01 €/kpl
Poraus työväihe	0,04 €/kpl
Konekustannukset yht.	0,04 €/kpl

Energiakustannukset	
Sahaustyöväihe	0,00 €/kpl
Poraus työväihe	0,00 €/kpl
Energiakustannukset yht.	0,00 €/kpl

Työvoimakustannukset yht.	
Sahaustyö	0,06 €/kpl
Poraus työ	0,58 €/kpl
Muut	0,00 €/kpl
Työvoimakustannukset yht.	0,64 €/kpl

Porausket
3 kpl 12 mm reikiä
4 kpl 4 mm reikiä

Oma valmisteputken arvo	
Materiaalikulut	3,44 €
Työvoimakustannukset	0,64 €
Energiakustannukset	0,00 €
Konekustannukset	0,04 €
yht.	4,12 €

Laserleikatun hinta-arvo	
Materiaali	3,34 €
Työ	1,45 €
yht.	4,79 €