

Lasse Kotiranta

FMS-järjestelmän optimointi

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2012

## FMS-JÄRJESTELMÄN OPTIMOINTI

Kotiranta Lasse  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Lokakuu 2011  
Ohjaaja: Reunamo Petteri  
Sivumäärä:  
Liitteitä:

Asiasanat: FMS, NC, työstökone

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli paremman koneistusjärjestyksen hakeminen Konepaja Stryni Oy:ssä käytössä olevalle FMS-järjestelmälle. Työssä käsitellään FMS-järjestelmien kehityshistoriaa sekä niiden erilaisia rakenteita ja osa-alueita. Stryni Oy:llä on ollut vuodesta 2001 lähtien käytössä Fastemsin valmistama FMS-järjestelmä. Järjestelmässä ajossa oleville palettisarjoille haetaan tässä opinnäytetyössä koneistusjärjestys, jossa järjestelmään liitettyjen työstökoneiden käyttöaste on mahdollisimman korkea. Työssä mitattiin eri palettien lataus-, koneistus- ja purkuajat. Optimaalista järjestystä haettiin mitattujen aikojen perusteella. Työn lopputuloksena on palettisarjalle määritetty koneistusjärjestys.

## OPTIMIZATION OF FMS

Kotiranta Lasse

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

October 2011

Supervisor: Reunamo Petteri

Number of pages:

Appendices:

Keywords: FMS, NC,

---

The purpose of this thesis was to plan optimal machining sequence for FM-system used in Stryni Oy. Thesis describes development history, different structures and sections of FM-systems. FM-system manufactured by Fastems has been used in Stryni Oy since 2001. In this thesis attempted to define the best machining sequence for pallet sets to obtain utilization of machining centers connected in system as high as possible. Loading, machining and unloading time of every pallet was measured and defining of optimal sequence based on measured times. Result of this thesis is machining sequence for pallet set.

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....                                  | 5  |
| 1.1   | Työn tausta.....                               | 5  |
| 1.2   | Konepaja Stryni Oy .....                       | 5  |
| 1.3   | Työn tavoitteet .....                          | 5  |
| 2     | JOUSTAVA KONEPAJA-AUTOMAATIO .....             | 6  |
| 2.1   | Joustavan konepaja-automaation tarkoitus ..... | 6  |
| 2.2   | Joustavan konepaja-automaation kehitys.....    | 6  |
| 2.2.1 | FMS-järjestelmä.....                           | 7  |
| 2.2.2 | FMS-teknologian eri tasoja .....               | 8  |
| 2.2.3 | FMS:n rakennemallit.....                       | 10 |
| 2.2.4 | Kappaleenkäsittely FMS-järjestelmässä .....    | 12 |
| 2.2.5 | FMS-järjestelmän työkalujärjestelmä .....      | 14 |
| 2.2.6 | FMS-järjestelmän ohjaus.....                   | 16 |
| 3     | TYÖN TOTEUTUS .....                            | 18 |
| 3.1   | Lähtötilanteen määrittely .....                | 18 |
| 3.2   | Järjestelmän tekniset tiedot.....              | 18 |
| 4     | OPTIMOINTI.....                                | 23 |
| 4.1   | Optimoinnin perusteet.....                     | 23 |
| 4.1.1 | Optimoinnin suunnittelu.....                   | 23 |
| 4.1.2 | Optimoinnin toteutus.....                      | 24 |
|       | LÄHTEET.....                                   | 26 |
|       | LIITTEET                                       |    |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Stryni Oy:ssä käytössä olevalle FMS-järjestelmälle haluttiin löytää osien optimaalinen koneistusjärjestys, koska järjestelmän käyttöasteen ajateltiin olevan tätä kautta parannettavissa. Lisäksi tarkoituksena oli saada lisää tietoa eri osien koneistusajoista ja palettien lataukseen kuluvasta ajasta. Aikaisemmin vain muutamista tuotannossa olevista paeteista oli mitattu koneistusaika.

## 1.2 Konepaja Stryni Oy

Konepaja Stryni Oy on Merikarvian Tuorilassa toimiva alihankintakonepaja. Yritys on perustettu vuonna 1984. Toimitusjohtajana toimi vuoteen 2011 asti Jarmo Luoma, nykyisin Jaakko Luoma. Yrityksen päätoimialana on metallien koneistus. Koneistuspalvelujen lisäksi yritys suunnittelee ja valmistaa kiinnittimiä eri teollisuudenaloille. Lisäksi Stryni Oy tarjoaa mittauspalveluja koordinaattimittalaitteella, kokoonpano-, testaus- ja pakkauspalveluja sekä prototyyppien suunnittelua. Yrityksen tärkeimpiä asiakkaita ovat Neorem, Wärtsilä, Kumera ja Sampo Rosenlewin puimuritehdas. Stryni Oy:llä on ollut ISO 9000-laatusertifikaatti vuodesta 2005 lähtien.

## 1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli saada Stryni Oy:ssä käytössä olevaan FMS-järjestelmään kytkettyjen tuotantokoneiden käyttöaste mahdollisimman korkeaksi. Käyttöasteeseen vaikuttavia seikkoja on olemassa valtava määrä. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kuitenkin vain osien koneistusjärjestyksen optimointiin. Myös keskeneräisten osien varastointitarvetta pyrittiin pienentämään. Työn tavoitteena oli saada olemassa oleva tuotantokapasiteetti mahdollisimman tehokkaasti käyttöön.

## 2 JOUSTAVA KONEPAJA-AUTOMAATIO

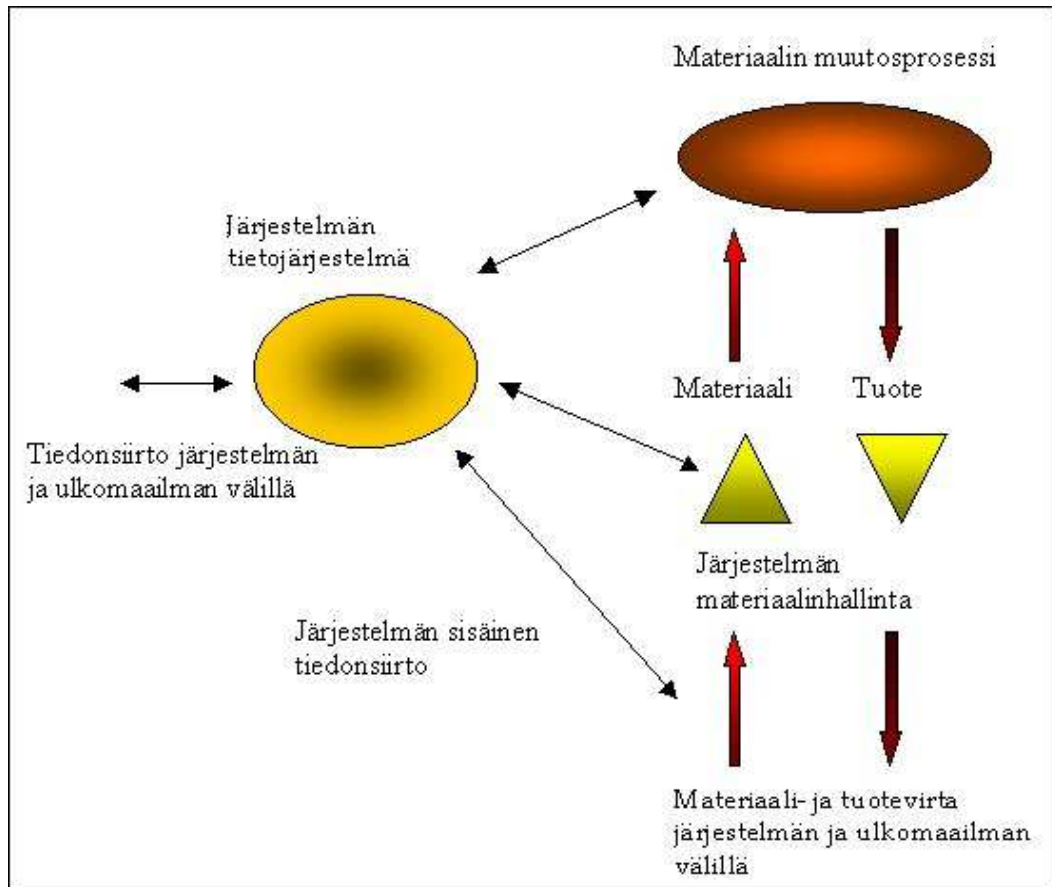
### 2.1 Joustavan konepaja-automaation tarkoitus

Konepajoissa suurin osa valmistuksesta tapahtuu pienissä sarjoissa. Tuottavuusero pien- ja suursarjatuotannon välillä on perinteisesti ollut suuri. Tämän eron kaventamiseksi on kehitetty joustavaa konepaja-automaatiota. Valmistuksen joustavuudella on merkitystä myös suursarjatuotannossa, koska tuotteilta vaaditaan yhä useammin erikoisominaisuuksia. Myös tuotekehitys on entistä nopeampaa. Tuotannon joustavuus merkitsee lyhyttä läpäisyä ideasta valmiiseen tuotteeseen. Asiakkaan toivomukset voidaan ottaa huomioon konstruktioissa. Äärimmäisessä tapauksessa joustava valmistusjärjestelmä voidaan kytkeä tuottamaan kokonaan uusia tuotteita ilman merkittävää tuottavuuden menetystä. Nykyinen teknologia mahdollistaa monien täysin erilaisten osien eli useiden osaperheiden taloudellisen valmistamisen pienissä erissä samassa valmistusjärjestelmässä. (3, s.1)

### 2.2 Joustavan konepaja-automaation kehitys

Joustavan konepaja-automaation katsotaan alkaneen ensimmäisestä numeerisesti ohjatusta työstökoneesta (NC-kone), joka tehtiin Yhdysvalloissa, MIT:ssä (Massachusetts Institute of Technology) vuonna 1952. Ensimmäiset järjestelmät, joissa useita numeerisesti ohjattuja työstökoneita oli kytketty yhteen keskustietokoneen avulla, syntyivät 1960-luvun lopulla suunnilleen samoihin aikoihin Englannissa, Japanissa ja USA:ssa. Nämä 1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun järjestelmät olivat paitsi kalliita myös varsin jäykkiä. Vasta kappaleenkäsittelyautomaatiikan, työstökoneiden oheislaitteiden, numeerisen ohjauksen suorituskyvyn ja ohjelmistojen kehittymisen jälkeen 1970-luvun lopulla päästiin rakentamaan hyvin monipuolisia ja helposti laajennettavia joustavia valmistusjärjestelmiä. Markkinoille tulivat vihivaunut ja -haarukkatrukit sekä automaattiset korkeavarastot. Työstökoneiden ympärille ilmestyivät suuret työkalamakasiinit, monipuoliset työkappaleiden vaihtajat, työstön valvontajärjestelmä sekä automaattinen mittaus ja kompensointi. Numeerisen ohjauksen suorituskyky ja muistikapasiteetti moninkertaistui sekä luotettavuus parani

ratkaisevasti. Älykkäät koneasemat syntyivät. Raskas keskustietokoneohjaus keveni murto-osaan entisestä ja sen toimintavarmuus parani. (3, s.1)

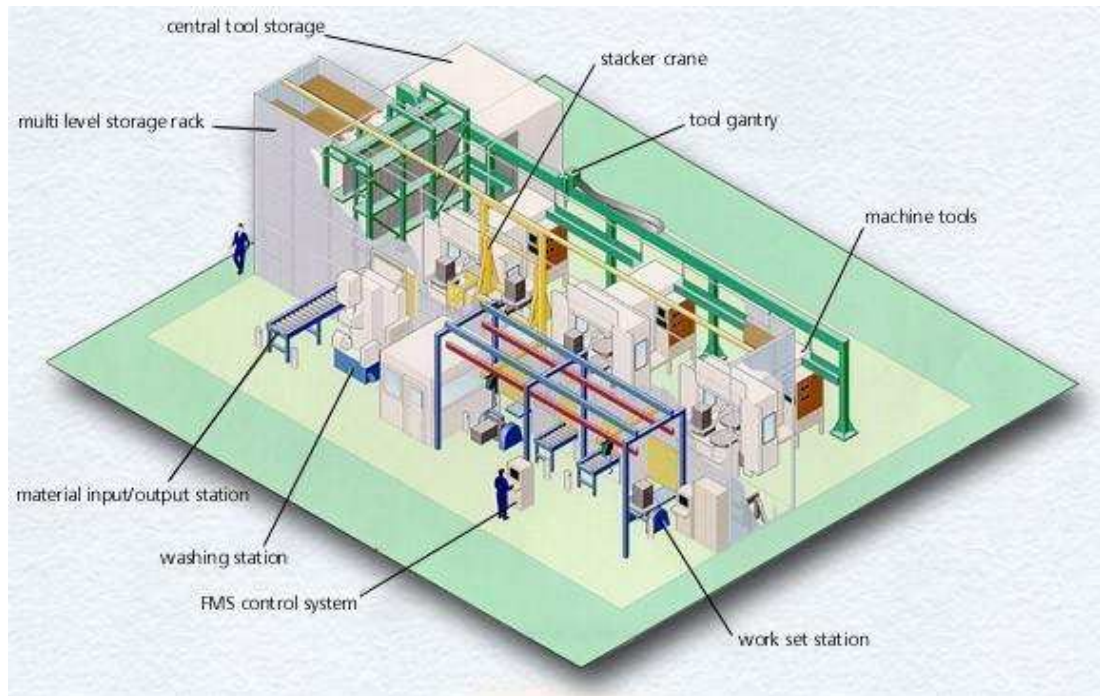


Kuva 1. Joustavan tuotantojärjestelmän toimintaperiaate

### 2.2.1 FMS-järjestelmä

Joustava valmistusjärjestelmä, FMS on automatisoitu valmistusjärjestelmä, joka kykenee pitämällä yllä keskeytymätöntä tuotantoa työkappaleiden ja sarjojen vaihdellessa järjestelmälle omallisissa rajoissa, ja joka käsittää useita koneistus- ja muita asemia sekä kappaleenkäsittelyjärjestelmän. Keskeytymätön tuotanto työkappaleiden ja sarjojen vaihdellessa merkitsee, että asetusaika erävaihdon välillä on nolla. Joustava valmistusjärjestelmä on pitkälle automatisoitu. Järjestelmään liitetyt työstökoneet ovat numeerisesti ohjattuja. FMS:n osia ja toimintoja ovat: lataus- ja purkuasema, automaattinen kuljetus ja varastointi, automaattiset prosessit, asetusten varastointi, järjestelmän ylläpitotoiminnot ja järjestelmän ohjaus. Järjestelmässä voi olla myös esimerkiksi mittaus- ja pesuasema. Automaattisten prosessien lisäksi FM-järjestelmässä voi olla myös manuaalisia apuprosesseja. Järjestelmän joustavuus-

della tarkoitetaan, että järjestelmässä valmistettavat peräkkäiset kappaleet voivat olla järjestelmän ominaisuuksien rajoissa erilaisia. Osa lastuamisesta voidaan suorittaa ennen kappaleiden palettiin kiinnittämistä tai sen irrottamisen jälkeen. Tuotantomäärät voivat vaatia joitakin kappaleita enemmän kuin toisia, jolloin tarvittavia kappaleita pystytään tuottamaan tarvetta vastaavat määrät. Kappaleita ei haluta väli-varastoida. Näin joustavien valmistusjärjestelmien tulee tuottaa vain kysyntää vastaava määrä erilaisia kappaleita. (1, s.6-7)



Kuva 2. FMS-järjestelmä

## 2.2.2 FMS-teknologian eri tasoja

FMS-teknologian koneet ja järjestelmät koostuvat NC-työstökoneista, materiaalinkäsittelylaitteista ja -järjestelmistä sekä informaatiojärjestelmistä. FMS-teknologian soveltaminen voidaan aloittaa pienestä, yhden NC-työstökoneen yksiköstä ja laajentaa myöhemmin aina joustavaksi automaattiseksi tehtaaksi asti.

### 2.2.2.1 Joustava valmistusyksikkö

Joustava valmistusyksikkö eli FMU (Flexible Manufacturing Unit) on joustavan konepaja-automaation perusyksikkö. Se on NC-työstökone, joka kykenee tuottamaan



tiettyjä kappaleita valmiiksi koneen työtapojen ja työkalujen asettamisrajoissa. Tällöin koneessa automatisoitu useita toimintoja, kuten kappaleen vaihto, kappaleen tunnistus, työkalun vaihto ja suojeien käyttö. Tällainen kone pystyy jo osittaiseen miehittämättömään tuotantoon, kun työstönvalvontaan ja laadunvarmistamiseen liittyvät asiat on otettu huomioon. Oikean työstöohjelman valinta tällaisessa yksikössä on toteutettu usein siten, että kaikki tarvittavat ohjelmat ovat NC-koneen muistissa. Ohjelman valinta tapahtuu kappaleen tunnistuksen tai paletissa olevan koodin perusteella. Yleensä joustava valmistusyksikkö on tehty valmistamaan määrättyä työvaihetta pitkälti samantyyppisiin kappaleisiin. (2, s.191-192)

#### 2.2.2.2 Joustava automaattinen valmistussolu

Joustava valmistussolu eli FMC (Flexible Manufacturing Cell) muodostuu kahden tai useamman koneen muodostamasta solusta, jonka sisällä kappaleiden käsittelytehtävät on automatisoitu. Jos järjestelmässä on lisäksi siirtoja valmistusyksiköiden tai solujen välillä, kyseessä on jo joustava valmistusjärjestelmä. Esimerkki automatisoidusta valmistussolusta on kahden NC-sorvin ja teollisuusrobotin yhdistelmä. Siinä robotti lataa ja purkaa työkappaleita molempien sorvien välillä. FMC:ssa on automaattinen kappaleenvaihtojärjestelmä, joka voi olla manipulaattori, teollisuusrobotti, portaalipanostaja tai paletinvaihtaja. Työkappaleita voidaan vaihtaa joko suoraan koneen istukkaan tai kiinnittimeen. Soluissa on oltava itsessään laajat valvontajärjestelmät esimerkiksi terärikköjen, vikojen ja työtöjäljen osalta, jotta voidaan ajaa rajoitetusti miehitettyjä ja myös kokonaan miehittämättömiä jaksoja. Myös asetusten vaihdot ovat automaattisia joten asetukset pystytään muuttamaan kesken ajan. (5)

#### 2.2.2.3 Joustava valmistusjärjestelmä

Joustava valmistusjärjestelmä eli FMS (Flexible Manufacturing System) on kokonaisuus jossa on useita NC-ohjattuja tuotantokoneita sekä työkappaleiden tai palettien kuljetus-, varastointi- ja tunnistusjärjestelmä. Lisäksi tarvitaan valmistusjärjestelmän ohjausjärjestelmä sekä materiaalin purku- ja lastausasema. Muita järjestelmään liitettäviä laitteita voivat olla mittaus- ja pesuasema, robottiasema jäysteenpoistoa varten.

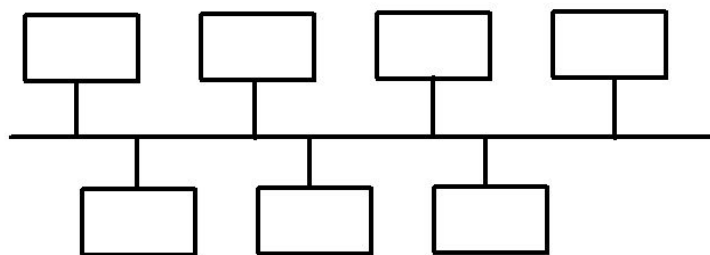
Periaatteena on, että FMS on toiminnoiltaan ulospäin samanlainen kuin manuaalisessa tuotannossa alunperin ollut tuotantosolu. Sen ominaisuuksiin kuuluu, että se on suunniteltu tietylle kappalevalikoimalle. Siihen sisään laitettut kappaleet tulevat kokonaisuudessaan valmiiksi samassa järjestelmässä. Samoin kuin tuotantosolu, myös joustava valmistusjärjestelmä on ulospäin yksi kuormituspiste. (2, s.192)

#### 2.2.2.4 Joustava automaattinen tehdas

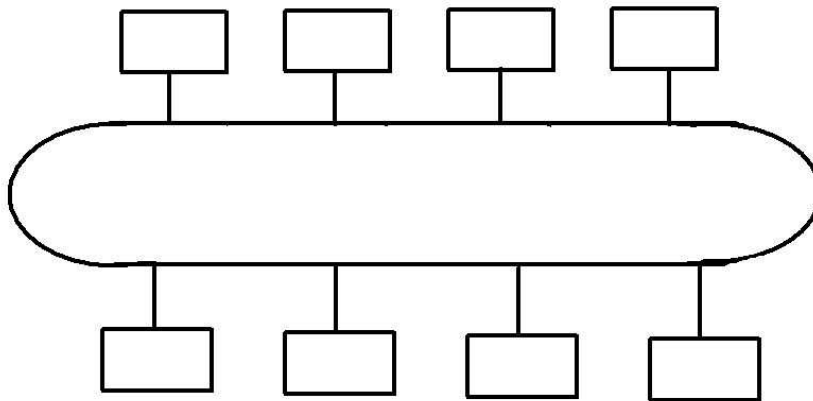
Joustava automaattinen tehdas eli FMF (Flexible Manufacturing Factory) koostuu FMS-teknologian eri konejärjestelmistä ja siihen liittyy yleensä myös automaattinen kokoonpano eli FAS (Flexible Assembly System). Kun mukaan otetaan vielä yritystason tietokoneyhdenetyt toiminnot, voidaan puhua kokonaisvaltaisesta tietokoneyhdenetystä yritystoiminnasta eli CIM:stä. (4, s.191-196)

#### 2.2.3 FMS:n rakennemallit

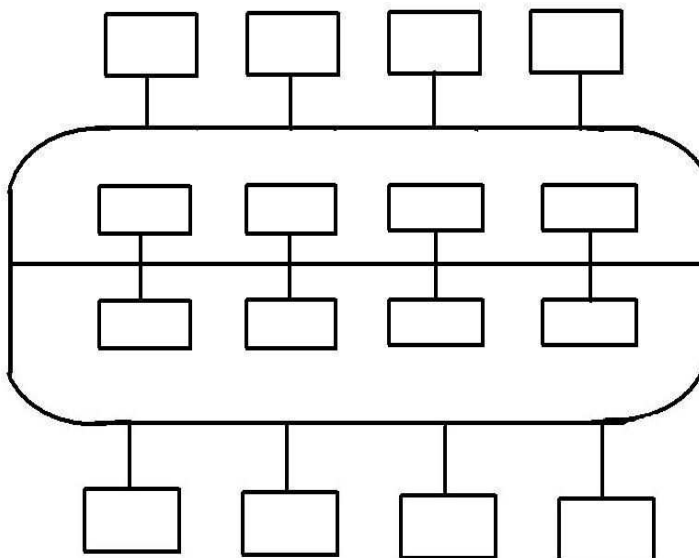
Joustavan valmistusjärjestelmän keskeisiä osia ovat työstökone- ja muut moduulit ja/tai joustavat valmistussolut. Järjestelmät poikkeavat suuresti toisistaan. Ne voidaan kuitenkin luokitella karkeasti. Joustavat valmistusjärjestelmät voidaan jakaa materiaalivirran mukaan linja-, silmukka- ja verkkotyyppeihin.



Kuva 3. Linjatyyppinen rakenne



Kuva 4. Silmukkatyyppinen rakenne



Kuva 5. Verkkotyyppinen rakenne

Valmistettavien työkalujen perusteella FMS:t voidaan jakaa järjestelmiin, joissa valmistetaan

- pyörähdyskappaleita
- epäpyörähdyskappaleita
- pyörähdys- ja epäkeskokappaleita
- muita työkaluja.

Työstökoneiden perusteella voidaan erottaa järjestelmät, joissa käytetään

- pääasiassa koneistuskeskuksia
- pääasiassa NC-sorveja

- koneistuskeskuksia ja NC-sorveja
- koneistuskeskuksia, NC-sorveja ja hiomakoneita
- koneistuskeskusten, NC-sorvien ja erikoiskoneiden yhdistelmiä sekä
- transferkoneita

Yleisimpiä ovat järjestelmät, joissa käytetään koneistuskeskuksia, NC-sorveja ja monitoimisorveja. (3, s.9-14)

#### 2.2.4 Kappaleenkäsittely FMS-järjestelmässä

FMS-järjestelmän työstö- ja muut asemat integroidaan toiminnalliseksi kokonaisuudeksi automaattisella kappaleenkäsittelyllä. Kappaleenkäsittelyn päätehtävät ovat:

- aihoiden ja työkappaleiden panostus ja purkaus
- aihoiden ja työkappaleiden panostus ja purkaus
- aihoiden ja työkappaleiden kuljetus panostus- ja purkausaseman , puskurivaraston sekä koneistus ja muiden asemien välillä sekä
- aihoiden ja työkappaleiden varastointi

##### 2.2.4.1 Kappaleiden kuljetus

Varastoa puretaan ja lastataan järjestelmän automaattisesti toimivilla kuljetuslaitteilla. Kuljetuksia ja kuljettimien toimintaa ohjaa usein ohjelmoitava logiikka. Joustavassa valmistusjärjestelmässä kappaleet kulkevat usein kuljetusalustoilla eli paletteilla. Usein myös kiinnittimien ja työkalujen kuljetus on automaattista. (2, s.195-196; 3, s.72-75)



Kuva 6. Paletin kuljetushissi

#### 2.2.4.2 Kappaleiden varastointi

FMS-järjestelmässä kappaleiden välivarastoinnin tarve halutaan pitää mahdollisimman pienenä. Järjestelmään kuuluu kuitenkin aina olennaisena osana varasto. Sen päätarkoituksena on muodostaa kiinnitettyjen aihoiden, puolivalmisteiden ja koneistettujen työkappaleiden puskurivarasto kiinnitysaseman ja työstöaseman välille. Puskurivarasto on välttämätön tehokkaasti toimivassa FMS-järjestelmässä, jotta järjestelmälle voidaan ladata töitä miehittämätöntä käyttöä varten. (3, s.80)

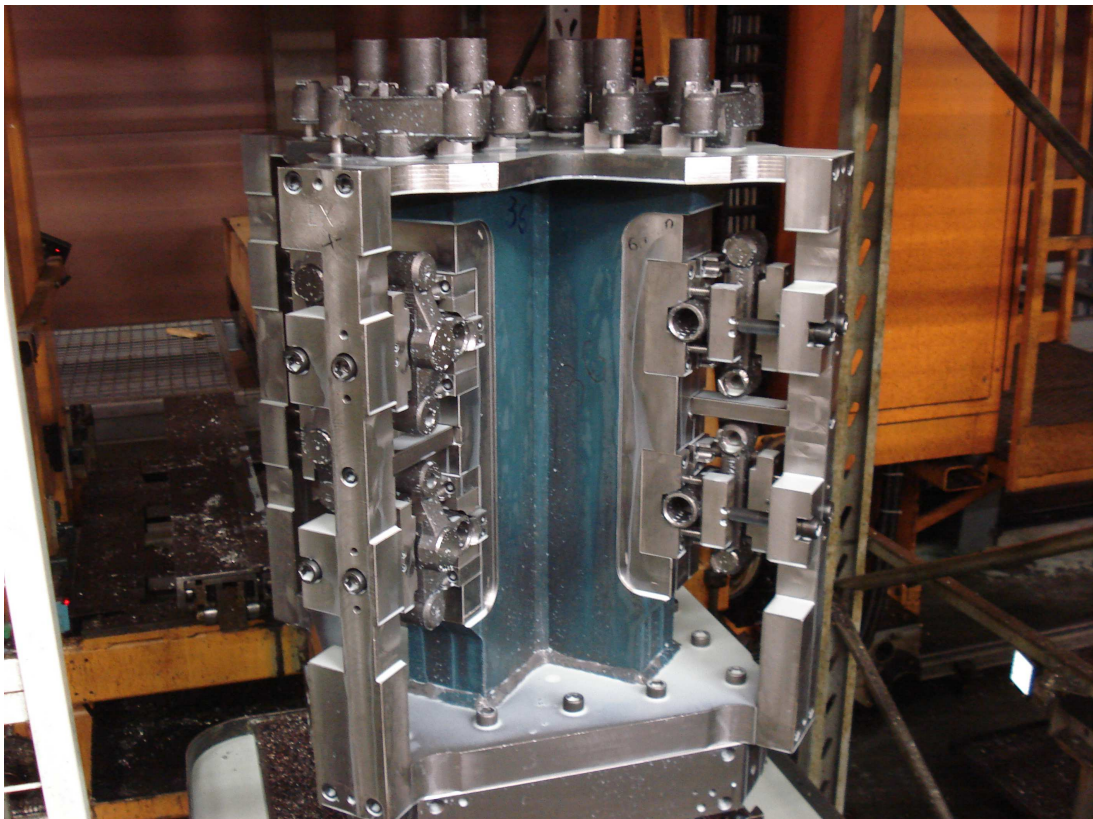
#### 2.2.4.3 Kappaleen lataus ja purkaus

Joustavaan valmistusjärjestelmään kuuluvat kappaleiden lataus- ja purkausasemat. Kappaleiden lataus ja purkaus suoritetaan tavallisesti käsityönä. Kappaleen panostaminen ja purkaminen erillisen laitteen avulla on yleistä FMS-järjestelmässä. Tällaisia laitteita ovat

- kiinteät paletti- ja kuormalavapöydät

- palettiasemat
- jalalliset kappalelavat
- panostuspöydät yms.

Paletti tai muu kiinnityslaite on järjestelmän suuntaan koko ajan samanlainen, mutta sen kantama tuote ilmoitetaan koodijärjestelmän avulla. Panostaminen suoraan kuljetuslaitteeseen on erittäin harvinaista. Se voi tulla kysymykseen lähinnä erilaisissa kuljetinrataratkaisuisissa, jolloin kuljetinrata toimii tavallisesti myös varastona. (3, s.195-196)



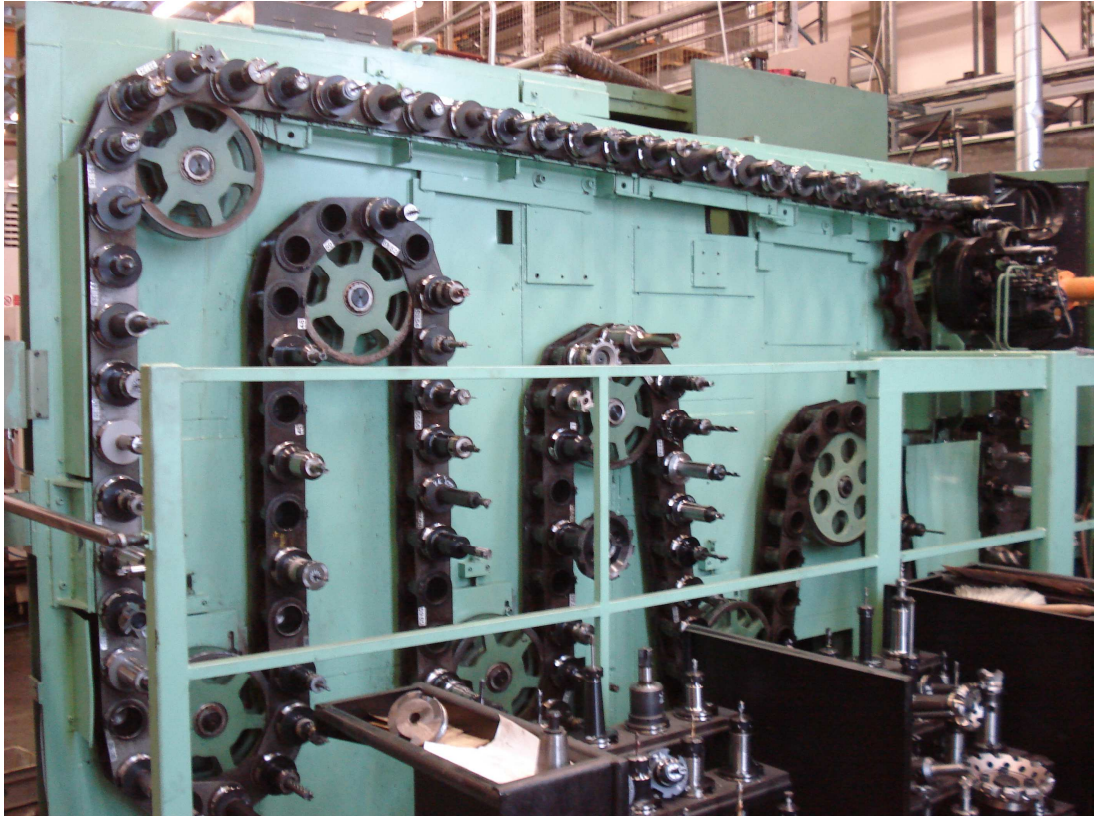
Kuva 7. Paletti, jossa on kiinnitettynä työstettäviä kappaleita

## 2.2.5 FMS-järjestelmän työkalujärjestelmä

### 2.2.5.1 Työkalusto

Automaattisen valmistusjärjestelmän työkalujärjestelmä muodostaa kokonaisuuden, johon kuuluu työkalujen lisäksi niiden käsittely ja hallinta. Työkalujärjestelmä käsittelee työkalut, työkalumakasiinit, työkalujen esiasetuksen, varastoinnin ja hallinnan. Kaikki tarvittavat työkalut säilytetään käyttövalmiiksi aseteltuina työkalumakasi-

ineissa tai niiden välittömässä läheisyydessä. Myös rikkoutuneiden ja kuluneiden työkalujen tilalle voidaan vaihtaa uudet makasiinista automaattisesti. Työstökoneiden makasiinien lisäksi järjestelmään kuuluu yleensä keskustyökaluvarasto tai -hylly, työkalujen panostus- ja purkauspaikka sekä työkalujen siirtolaite. Rikkoontuneet ja kuluneet työkalut palautetaan purkauspaikkaan työkaluhuoltoa varten. (3, s.50-55)



Kuva 8. Työkalumakasiini

#### 2.2.5.2 Työkalujen esiasetus

Työkalujen esiasetus kuuluu kiinteänä osana FMS-järjestelmän toimintoihin, joten esiasetuslaite kuuluu järjestelmän vakiovarustukseen. FMS-järjestelmissä ei voida hyväksyä terän manuaalista säätöä koska työstöasemien on toimittava ilman ihmisen valvontaa. Työkalujen automaattinen mittaus ja kompensointi tai säätö työstökoneessa sitoo koneaikaa, mistä syystä sitä vältetään. FMS-järjestelmänssä esiasetustietojen siirto pyritään tekemään työstökoneetta pysäyttämättä automaattisesti esiasetuslaitteesta. Järjestelmissä pyritään kokonaisvaltaiseen työkalujärjestelmään. Tämä tarkoittaa, että jokaisella työkalulla on oma numero sekä numeroa vastaavat

kompensointiarvot ja muut reaaliaikaiset valvontatiedot tallennettuina muistissa. (3, s.56-57)

### 2.2.5.3 Työkalujen hallinta FMS-järjestelmässä

FMS-järjestelmässä työkaluvirta on vähintään yhtä tärkeä kuin materiaalivirta. Järjestelmässä liikkuu enemmän erilaisia työkaluja paljon tiheämmässä tahdissa kuin työkappaleita. Työkalut aiheuttavat runsaasti prosessin keskeytyksiä. Työkaluista ja työkalutiedoista johtuvia häiriöitä ja tuotannon keskeytymisiä voivat aiheuttaa esimerkiksi työkalun kuluminen tai rikkoontuminen tai häiriöt työkaluvaihdossa ja työkalujärjestelmässä. Erilaiset toimintahäiriöt aiheuttavat merkittäviä katkoksia lähinnä miehittämättömän jakson aikana. Näitä häiriöitä pyritään vähentämään varatyökaluilla, työkalujen valvonnalla sekä tarkistuksilla ja huollolla. (3, s.58-59)

### 2.2.6 FMS-järjestelmän ohjaus

Joustavan valmistusjärjestelmän automaattiset työstö- ja muut asemat on liitetty yhteen automaattisen kappaleenkäsittelyn lisäksi ohjauksella. Käsityö, kuten työkappaleiden panostaminen ja purkaminen pyritään irrottamaan automaattisten työasemien rytmistä. Tavoitteena on saavuttaa korkea koneiden käyttöaste ja lyhyt valmistuksen läpäisy aika työkappaleiden ja valmistusmäärien vaihdellessa. FMS-järjestelmän ohjauksen päätehtäviä ovat

- kappaleenkäsittelyn ohjaaminen,
- työstö- ja muiden asemien ohjaaminen,
- monitoritoiminnot,
- tietojen keruu ja käsittely tuotannonohjausta, kustannuslaskentaa ja kunnossapitoa varten

FMS-järjestelmän ohjaus voidaan toiminnallisesti jakaa teknologiseen ja organisatoriseen osaan. Teknologinen ohjaus huolehtii automaattisten asemien työstö- ja muista prosesseista sekä organisatorinen ohjaus materiaali- ja työkaluvirroista. Manuaaliset ohjausrutiinit pyritään minimoimaan ja keskittämään panostus- ja purkausasemille sekä muihin työpisteisiin. (3, s.82)



### 2.2.6.1 FMS-järjestelmien ohjaustyypit

FMS-järjestelmän ohjaukset voidaan jakaa kolmeen tyyppiin:

- hajautettu ohjaus
- hajautettu tietokoneohjaus ja
- keskitetty tietokoneohjaus.

Hajautetussa ohjauksessa työstökone- ja muut asemat on liitetty yhteen automaattisella kappaleenkäsittelyllä ilman erillistä tietokonetta. Hajautetun ohjauksen laajuus ja joustavuus riippuu itsenäisten yksiköiden tasosta. Periaatetta on sovellettu lähinnä pieniin FMS-järjestelmiin ja –soluihin.

Hajautettu tietokoneohjaus perustuu itsenäisiin omalla ohjauksella varustettuihin toimintamoduuleihin, jotka on yhdistetty lähinnä toiminnan tahdistamiseksi järjestelmän tietokoneeseen. Työstökone- ja muut asemat huolehtivat teknologisesta ohjauksesta. Järjestelmän tietokone yhdessä kappaleenkäsittelyn ohjauksen kanssa vastaa organisatorisesta ohjauksesta.

Keskitetyssä tietokoneohjauksessa sekä organisatoriset että teknologiset tiedot välittyvät keskustietokoneen ja sen alisysteemin kautta. Keskitetty tietokoneohjaus on vanhin FMS:n ohjauksista. Se ei vaadi työstökoneiden numeerisilta ohjauksilta suurta suorituskykyä eikä muistikapasiteettia. (3, s.83-84)

### 2.2.6.2 Ohjauksen valvontatoiminnot

Automaattisen valvontajärjestelmän eräs keskeinen ominaispiirre ovat erilaiset valvonta- eli monitoritoiminnot, joihin kuuluu laitteiden ja yksiköiden sekä kokonaisjärjestelmän toiminnan valvonta. Monitoritoiminnot jakaantuvat teknologiseen ja organisatoriseen valvontaan. Teknologisen valvonnan tehtävänä on pitää prosessit käynnissä jatkuvasti sekä varmistaa valmistuksen laatu. Organisatorisen valvonnan tehtävänä on varmistaa järjestelmän eri yksiköiden ja prosessien toimintaedellytykset ja optimaalinen käyttö. Tavallisesti työstökoneiden monitorit huolehtivat teknologisesta valvonnasta ja järjestelmän keskusmonitori organisatorisesta valvonnasta. Järjestelmästä riippuen keskusmonitori näyttää tarvittaessa

- työstökoneiden ja muiden yksiköiden toimintatilan,
- varasto- ja kuljetustilanteen,

- paletti- ja kiinnitintilanteen,
- työkalutilanteen ja
- työstökoneiden käyttösuhteet sekä
- ilmoittaa häiriöistä.

Pienistä järjestelmistä keskusmonitori puuttuu usein kokonaan tai sen toiminta rajoittuu lähinnä varasto- ja kuljetustilanteen näyttöön. (3, s.86)

### 3 TYÖN TOTEUTUS

#### 3.1 Lähtötilanteen määrittely

Optimaalisen koneistusjärjestyksen suunnittelu aloitettiin lähtötilanteen määrittelyllä. Aluksi selvitettiin käytössä olevan FMS-järjestelmän varastointikapasiteetti ja muut työn kannalta oleelliset tekniset tiedot. Seuraavaksi mitattiin eri palettien lataamiseen sekä koneistukseen kuluva aika. Palettien lataamiseen kuluvaan aikaan sisältyy osien valmisteluun ja viimeistelyyn kuluva aika.

#### 3.2 Järjestelmän tekniset tiedot

Stryni Oy:ssä vuodesta 2011 käytössä ollut FMS-järjestelmä on suomalaisen Fastemsin valmistama. Järjestelmään on liitetty 3 vaakakaraista työstökeskusta ja palettipesuri. Järjestelmän varastohyllystössä on 37 palettipaikkaa ja 88 lavapaikkaa sekä palettien lataamista varten 2 latauspaikkaa. Työkappaleiden kuljetus järjestelmässä tapahtuu paletille kiinnitettynä kiskovaunulla. Järjestelmä on rakenteeltaan linjatyyppinen. Koneissa käytettävä palettikoko on 500x500mm.



Kuva 9. Kaaviokuva Stryni Oy: FMS-järjestelmästä



Kuva 10. Stryni Oy:n FMS-järjestelmä

Järjestelmään on kytketty seuraavat vaakakaraiset työstökeskukset:



Kuva 11. Mitsui-Seiki HU50



Kuva 12. Daewoo HP500



Kuva 13. Mitsui-Seiki HS4A



Kuva 14. Työstökoneiden lisäksi järjestelmään on kytketty Aqua Clean 1.3 palettipesuri.

| <b>Paletti nro</b> | <b>Latausaika (min)</b> | <b>Työstöaika (min)</b> |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                  |                         | 26                      |
| 2                  | 0                       | 0                       |
| 3                  | 3                       | 13                      |
| 4                  | 13                      | 11                      |
| 5                  |                         | 20                      |
| 6                  |                         | 13                      |
| 7                  | 25                      | 9                       |
| 8                  |                         |                         |
| 9                  |                         | 12                      |
| 10                 |                         |                         |
| 11                 |                         | 45                      |
| 12                 | 9                       | 17                      |
| 13                 | 9                       | 17                      |
| 14                 |                         | 20                      |
| 15                 | 4                       | 34                      |
| 16                 |                         |                         |
| 17                 | 7                       | 8                       |
| 18                 | 18                      | 36                      |
| 19                 | 12                      | 12                      |
| 20                 |                         | 24                      |
| 21                 |                         | 10                      |
| 22                 | 16                      | 64                      |
| 23                 | 2                       | 3                       |
| 24                 |                         |                         |
| 25                 |                         |                         |
| 26                 | 6                       | 26                      |
| 27                 |                         |                         |
| 28                 | 14                      | 6                       |
| 29                 |                         |                         |
| 30                 |                         |                         |
| 31                 |                         |                         |
| 32                 | 14                      |                         |
| 33                 | 12                      | 45                      |
| 34                 |                         | 38                      |
| 35                 | 4                       | 64                      |
| 36                 | 12                      | 45                      |
| 37                 |                         |                         |

Taulukko 1. Mitatut lataus- ja koneistusajat

## 4 OPTIMOINTI

### 4.1 Optimoinnin perusteet

Optimointi tarkoittaa optimiarvon tai –määrän, tai yleisemmin parhaan vaihtoehdon etsimistä. Parhaan koneistusjärjestyksen etsimisessä on kyse matemaattisesta optimointitehtävästä. Erilaisia matemaattisia optimointitehtävyytyyppejä ovat muun muassa lineaarinen, epälineaarinen ja dynaaminen optimointi. Koneistusjärjestyksen etsimisessä haetaan palettijoukon parasta mahdollista permutaatiota. Matematiikassa permutaatioilla tarkoitetaan alkioiden järjestystä. Esimerkiksi järjestetyn joukon (1,2,3,4) yksi permutaatio on (1,3,2,4). Permutaatioiden lukumäärä  $k$ -alkioisessa järjestetyssä joukossa on  $k$ :n kertoma  $k!$ . Koko palettijoukossa on 37 alkioita, joten erilaisia mahdollisia järjestyksiä on  $1.3764 \times 10^{43}$ . Matemaattisesti ratkaistuna optimointitehtävä olisi ollut liian vaikea, joten tehtävää oli yksinkertaistettava. Tehtävän ratkaisussa päätettiin käyttää heuristista menetelmää. Heuristiikka on epämuodollinen menetelmä ongelmanratkaisuun. Sitä käytetään metodina joka nopeasti johtaa yleensä riittävän lähelle parasta mahdollista lopputulosta. 6.

#### 4.1.1 Optimoinnin suunnittelu

Työn tarkoitus oli määrittää koneistettaville paleteille optimaalinen koneistusjärjestys. Määrittäminen tehtiin mitattujen koneistus- ja latausaikojen pohjalta. Aluksi tarkistettiin mitkä paletit ovat ajossa samaan aikaan. Nämä paletit muodostavat sarjan jolle määritettiin koneistusjärjestys. Tavoitteena oli saada mahdollisimman vähän odotusaikaa sekä koneille että työntekijöille ja koneiden käyttöaste mahdollisimman korkeaksi. Parasta koneistusjärjestystä pohdittaessa tultiin siihen tulokseen, että aluksi kannattaa koneistaa paletit, joiden työstöaika on pisin. Näiden työstön aikana voidaan ladata myöhemmin ajoon tulevia paletteja varastoon. Seuraavaksi päätettiin määrittää koneistusjärjestys, jossa aluksi koneistetaan paletit, joiden työstöaika on pisin suhteessa latausaikaan. Tällä tavalla pitkään työstettävien palettien työstöaikaa voidaan hyödyntää ladattavien palettien latauksessa. Viimeisenä koneistetaan paletit joiden latausaika on työstöaikaa pidempi. Nämä on ladattu valmiiksi sarjan alussa.

Sarjan palettien yhteenlaskettua työstöaikaa (216 minuuttia) ei voi alittaa millään työstöjärjestyksellä.

#### 4.1.2 Optimoinnin toteutus

Paremmen koneistusjärjestyksen hakemista helpotettiin tekemällä sitä varten Excel- taulukko. Ohjelma laski sarjassa peräkkäin olevien palettien lataus- ja työstöajan ero- tuksen. Tämän tiedon perusteella paletit voitiin järjestää niin että ensimmäisten pal- ettien pitkää työstöaikaa voidaan hyödyntää seuraavien palettien latauksessa. Sarjalle määritetty optimaalinen koneistusjärjestys on 33,36,15,3,12,13,7,18. Sarjan aloitta- vilta paleteilta jää ylimääräistä aikaa seuraavien palettien latausta varten. Määritetyllä järjestyksellä työstökoneiden ei tarvitse odottaa palettien lataamista vaikka joidenkin palettien työstöaika on latausaikaa pidempi.

| <b>Palettisarja</b> |               |               |
|---------------------|---------------|---------------|
| <b>Paletti</b>      | <b>Lataus</b> | <b>Työstö</b> |
| 3                   | 3             | 13            |
| 7                   | 25            | 9             |
| 12                  | 9             | 17            |
| 13                  | 9             | 17            |
| 15                  | 4             | 34            |
| 18                  | 18            | 36            |
| 33                  | 12            | 45            |
| 36                  | 12            | 45            |

Taulukko 2. Palettisarja

| <b>Palettisarja</b> |                   |   |                       |
|---------------------|-------------------|---|-----------------------|
| <b>Paletti nro.</b> | <b>Latausaika</b> | <b>Edellisen pa-<br/>letin työstö-<br/>aika</b> | <b>Aikojen erotus</b> |
| 33                  | 12                |   |                       |
| 36                  | 12                | 45  | -33                   |
| 15                  | 4                 | 45  | -41                   |
| 3                   | 3                 | 34  | -31                   |
| 12                  | 9                 | 13  | -4                    |
| 13                  | 9                 | 17  | -8                    |
| 7                   | 25                | 17  | 8                     |
| 18                  | 18                | 9   | 9                     |
|                     |                   | 36  |                       |

Taulukko 3. Koneistusjärjestys ja sekä lataus- ja työstöaikojen erotukset



Paletit 33 ja 36 sekä 12 ja 13 ovat keskenään samanlaisia joten niiden keskinäisellä järjestyksellä ei ole merkitystä. Samaan kokonaisuikaan päästään siis myös muunlaisilla järjestyksillä. Koska optimointi on tehty yksinkertaisella matemaattisella menetelmällä, määritetty järjestys ei ole luultavasti paras mahdollinen.

## LÄHTEET

1. Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY
2. Pikkarainen, E. & Mustonen, M. 2010. Numeerisesti ohjatut työstökoneet. Tampere: Opetushallitus
3. Metalliteollisuuden keskusliitto MET: Tekninen tiedotus 31/84 ISSN 0357-7368
4. Ansaharju, T. & Maaranen, K. 1997. Koneistus. Porvoo, WSOY
5. Aaltonen, K., Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Konepajan tuotantotekniikka –kirjasarja. WSOY
6. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja 2012. Viitattu 29.3.2012.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Etusivu>