



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **KONEPAJA-AUTOMAATIO: JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT**

Jani Rautiainen

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö 2018

# TIIVISTELMÄ

Konepaja-automaatio: joustavat valmistusjärjestelmät

Jani Rautiainen

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2018, 30 s.

Työn ohjaajat yliopistolla: Jouko Heikkala & Heikki Pirkola

Kandityössä perehdytään konepaja-automaation tekniikoihin ja niiden ominaispiirteisiin. Työssä syvennytään yhteen konepaja-automaation tekniikkaan, joustaviin valmistusjärjestelmiin. Lukija saa yleisen käsityksen joustavien valmistusjärjestelmien rakenteesta, toiminnasta sekä järjestelmän mukana tulevista eduista ja riskeistä. Työssä on kuvattuna myös joustavien valmistusjärjestelmien yleisimpiä käyttökohteita teollisuudessa. Työn lopussa käsitellään kunnossapitoa, ja sen merkitystä joustaville valmistusjärjestelmille.

Työn lähteinä on käytetty monia automaation alalla jo vuosia vaikuttaneiden henkilöiden kirjallisuutta. Tuloksien avulla lukija ymmärtää joustavien valmistusjärjestelmien kannattavuuden konepajateollisuudessa.

*Asiasanat: FMS, automaatio, kunnossapito*

# ABSTRACT

Machine shop automation: flexible manufacturing systems

Jani Rautiainen

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2018, 30 p.

Supervisors at the university: Jouko Heikkala & Heikki Pirkola

Bachelor's thesis focuses on the technology of machine shop automation and their characteristics. This thesis deepens on one technology of machine shop automation, flexible manufacturing system. The reader gets a general understanding of the structure, operation, and also the benefits and the risks which are involved in the flexible manufacturing systems. The thesis also describes the most common applications of flexible manufacturing systems in the industry. At the end of the thesis, maintenance and its importance for flexible manufacturing systems are being discussed.

In this thesis have been used many literature sources by persons who have affected for a long time in the field of automation. The results help the reader to understand the profitability of flexible manufacturing systems in the engineering industry.

*Keywords: FMS, automation, maintenance*

# ALKUSANAT

Työ on tehty osana Oulun yliopiston kandidaatin tutkintoa. Työn toteutusajankohta oli 2018 kevät. Työn tarkoituksena on antaa lukijalle yleinen käsitys konepaja-automaatiosta sekä tutustuttaa lukija tarkemmin yhteen konepaja-automaation ratkaisuun, joustaviin valmistusjärjestelmiin. Työssäni haluan erityisesti kiittää työni ohjaajia Joukko Heikkalaa ja Heikki Pirkolaa, joilta sain neuvoja ja ohjausta itselle hankalissa tilanteissa.

Oulu, 18.02.2018

*Jani Rautiainen*

Jani Rautiainen

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO .....	6
2 KONEPAJA-AUTOMAATIO.....	7
2.1 Tuotantoautomaatio.....	7
2.2 Konepaja-automaatio .....	7
3 JOUSTAVAN FM-TEKNIIKAN TASOT .....	9
3.1 FMU .....	10
3.2 FMC .....	10
3.3 FTL.....	11
3.4 FMF.....	11
4 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT .....	12
4.1 Joustavien valmistusjärjestelmien määrittely.....	12
4.2 FMS-laitteita .....	13
4.2.1 NC-työstökoneet .....	13
4.2.2 Kappaleenkäsittely.....	13
4.2.3 Järjestelmänohjaus .....	14
4.2.4 Teollisuusrobotit .....	16
4.3 FMS:n joustavuus.....	17
4.4 FMS:n hankinnan edut .....	18
4.5 FMS:n hankinnan riskit.....	19
4.6 FMS:n käyttökohteita.....	20
4.6.1 ABB Oy Moottorit ja Generaattorit Vaasa .....	20
4.6.2 Ata Gears Oy .....	20
4.6.3 Katsa Oy .....	21
4.6.4 Valtra Oy Ab.....	21
4.7 Teollisuus 4.0 .....	22
5 KUNNOSSAPITO FMS-JÄRJESTELMISSÄ.....	24
5.1 Kunnossapidon määritelmä.....	24
5.2 Kunnossapidon merkitys FMS:lle.....	25
5.3 Kunnossapidon toteutus FMS:ssä .....	27
6 YHTEENVETO .....	28
7 LÄHDELUETTELO.....	29

## MERKINNÄT JA LYHENTEET

CIM	tietokone integroitu valmistus
CM	korjaava kunnossapito
FM	joustava valmistus
FMC	joustava valmistussolu
FMF	joustava valmistustehdas
FMS	joustava valmistusjärjestelmä
FMU	joustava valmistusyksikkö
FTL	joustava transferlinja
NC	numeerisesti ohjattu
PM	ehkäisevä kunnossapito

# 1 JOHDANTO

Automaation avulla voidaan helpottaa ihmisen työskentelyä teollisuudessa monilla eri tavoilla. Vaaralliset, puuduttavat ja raskaat työtehtävät voidaan automatisoida ja samalla tuotanto tehostuu. Tästä johtuen automaatio on kiehtonut ihmistä, aivan sen ensimmäisistä sovelluksista teollisuudessa 1950-luvulta lähtien.

Työssä tarkemmin käsiteltävät joustavat valmistusjärjestelmät ovat yksi merkittävimmistä automaation sovelluksista konepajateollisuudessa, jolla voidaan parantaa tehokkuutta ja joustavuutta. Työssä käsitellään joustaville valmistusjärjestelmille ominaisia piirteitä, kuten mitkä tekevät siitä joustavan ja sisältyykö sen hankintaan riskejä. Työssä painoteen myös kunnossapidon merkitystä tuotannon tehokkuuden kannalta.

Työssä joustavia valmistusjärjestelmiä kuvataan usein termillä FMS (Flexible Manufacturing System), joka on englanninkielinen lyhenne käsitteestä mutta myös hyvin yleisesti käytetty suomenkielessä. Aiheen valintaan vaikutti mielenkiintoni FMS:ää kohtaan ja halu saada tietää lisää aiheesta.

## **2 KONEPAJA-AUTOMAATIO**

### **2.1 Tuotantoautomaatio**

Nykyajan markkinoilla kilpailu on todella kiivasta. Asiakkaiden tarpeisiin tulee osata vastata nopeasti oikeilla tuotteilla tai muuten jäädään muiden yritysten jalkoihin. Nopeasta reagoinnista huolimatta tuotannon tulee olla kannattavaa eli mahdollisimman tehokasta ja laadukasta. Tuotannonautomaatiota hyödyntämällä tähän pystytään. Nykyään tuotannossa automaation hyödyntäminen voidaan katsoa olevan enemmän edellytys kuin vaihtoehto pysyäkseen kilpailukykyisenä. (Aaltonen 1997, s.9-10)

Yksinkertaistettuna automaatio tarkoittaa itsenäisesti työskentelevää laitetta tai järjestelmää. Tuotantoautomaatiossa sovelletaan automaation ratkaisuja teollisuuteen. Tuotantoautomaatiolla voidaan vaikuttaa tehokkuuden lisäksi ympäristötekijöihin, tuotettavaan laatuun sekä suoritettaviin työtehtäviin. Yritykset voivat hankkia tuotantoautomaatiota monesta eri syystä, kuten helpottaakseen ihmisen tekemää työtä (vaarallisuudesta, raskaudesta tai yksinkertaisuudesta johtuen), tehokkuuden parantamiseksi, laadunhallintaan, hyödyntääkseen miehittämättömiä jaksoja, ohjattavuuden parantamiseksi tai nostaakseen omaa imagoa muiden kilpailevien yritysten keskuudessa. (Aaltonen 1997, s.10)

Automaattiset järjestelmät rakennetaan yleensä tuottamaan tietyn tyyppisiä tuotteita tai osaperheitä. Jokainen automaattinen järjestelmä sisältää, kuitenkin koneita tai laitteita, ohjausjärjestelmän, ohjelmointijärjestelmän, valvontalaitteita, antureita ja säätölaitteita. Yksinkertaisimmillaan tuotantoautomaatio tarkoittaa NC-työstökoneita, joka pystyy valmistamaan tietynlaisia kappaleita. Laajimmillaan automaatio on automatisoiduissa tehtaissa, joissa koko tehdas on integroitu saman ohjausjärjestelmän alaisuuteen. (Aaltonen 1997, s.14)

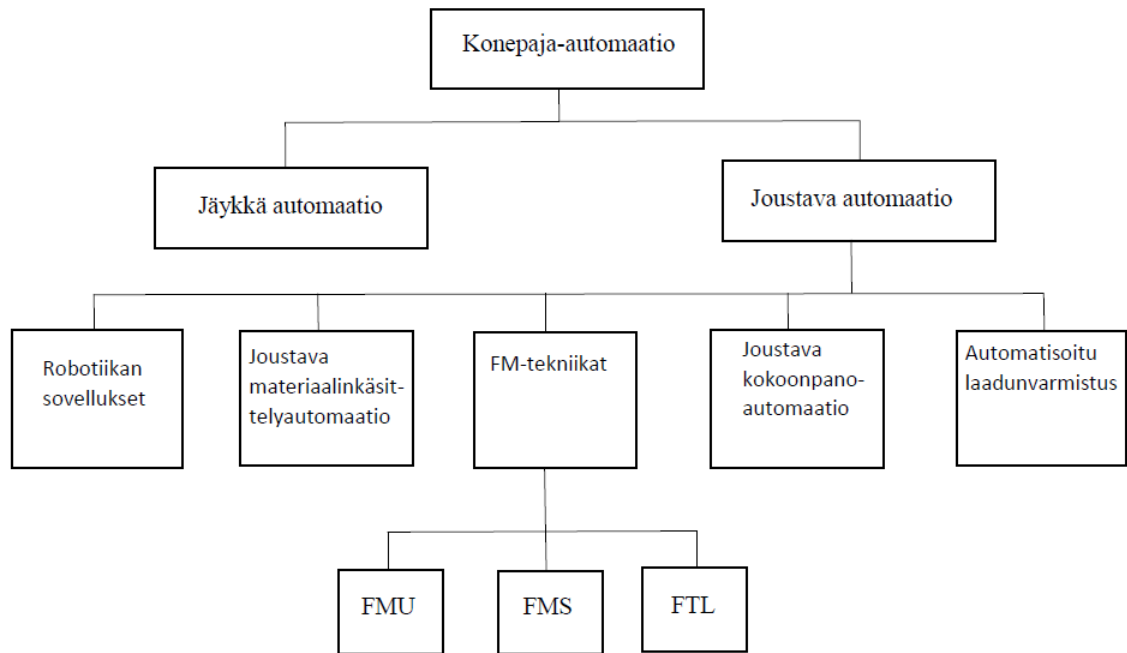
### **2.2 Konepaja-automaatio**

Konepaja-automaatiolla tarkoitetaan koneistettavien kappaleiden sekä levytöiden valmistamista automaation ratkaisuja apuna käyttäen. Konepajoilla automaatiota voidaan hyödyntää monissa eri kohteissa kuten työstön ohjauksessa, työkalun vaihdossa, työkappaleen vaihdossa, adaptiivisessa säädössä, mittasäädöissä,



asetusautomaatiossa, apuaika-automaatiossa sekä erinäisissä valvonnoissa. (Lapinleimu 1997, s.141-153)

Yksinkertaistettuna konepaja-automaatio voidaan jakaa kuvan 1 mukaisesti eri osatekijöihin. (Aaltonen 1997, s.15).



Kuva 1. Konepaja-automaation jaottelu (mukaiillen Aaltonen 1997, s.15).

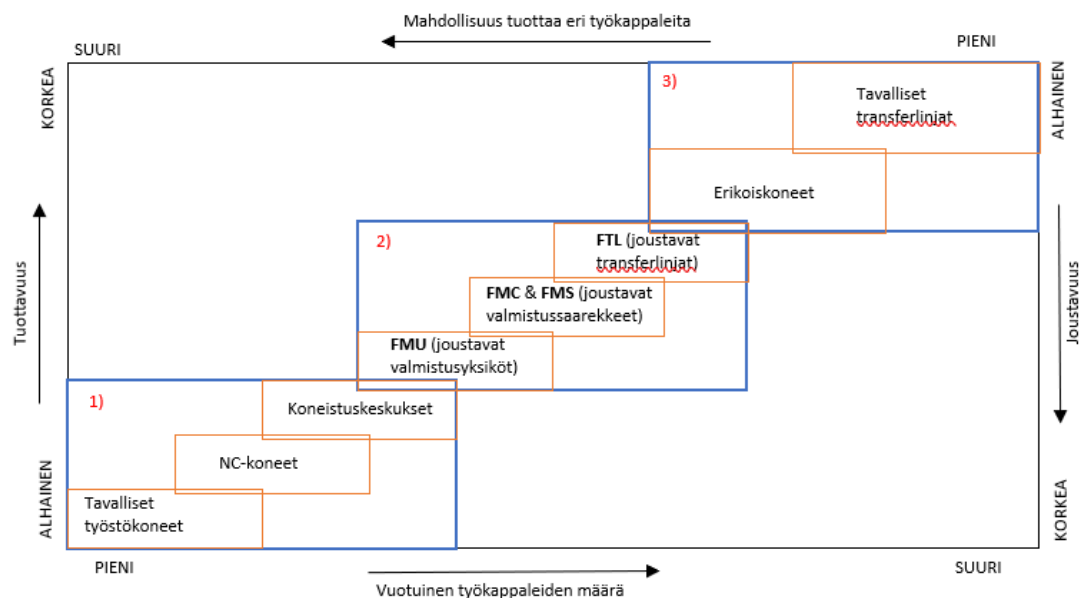
Konepaja automaatio koostuu siis kahdesta päätekijästä jäykästä ja joustavasta automaatiosta, kuvan 1 mukaisesti. Joustava automaatio voidaan jakaa vielä viiteen osatekijään, vaikka yleensä teollisuudessa näitä osatekijöitä hyödynnetään yhdessä. Joustavassa kokoonpanoautomaatiossa hyödynnetään robotiikkaa sekä materiaalinkäsittelyautomaatiota, kun taas FM- tekniikoissa (Flexible Manufacturing), voidaan hyödyntää kaikkia joustavan automaation osatekijöitä. FM-tekniikat koostuvat joustavista valmistustekniikoista FMU (Unit), FMS (System) ja FTL (Line). Kuvan 1 lisäksi FM-tekniikoiksi voidaan katsoa olevan FMF (Factory) sekä FMC (Cell) (Torvinen 1997, s.241-245). (Aaltonen 1997, s.15-16)

### 3 JOUSTAVAN FM-TEKNIIKAN TASOT

FM-tekniikan tasot ovat periaatteeltaan hyvin samanlaisia, sillä jokaisesta löytyy numeerisesti ohjattuja koneita, automaattista varastointia sekä materiaalinvirtaa ja keskusohjaus. Koneiden lukumäärät ja se, kuinka monimutkaisia tuotteita järjestelmällä voidaan valmistaa vaihtelevat. FM-tekniikoista voidaan erotella viisi eri tasoa. Tasot voidaan jakaa seuraavasti:

- **FMU** (Flexible Manufacturing Unit)
- **FMC** (Flexible Manufacturing Cell)
- **FMS** (Flexible Manufacturing System)
- **FTL** (Flexible Transfer Line)
- **FMF** (Flexible Manufacturing Factory)

Kuvassa 2 on havainnollistettu työkappaleiden valmistamisen joustavuutta ja tuottavuutta vuositason eri valmistusjärjestelmillä. Sarakkeessa 1) ovat yksittäiset työstökoneet, sarakkeessa 2) joustavat automatisoidut valmistusjärjestelmät ja sarakkeessa 3) erikoistuneet jäykät valmistusjärjestelmät. (Torvinen 1997, s. 241-245)



Kuva 2. Valmistusjärjestelmien käyttöalueet vuosituotannon ja erilaisten työkappaleiden lukumäärän mukaan (mukaillen Torvinen 1997, s. 241).

Myöhemmin tässä työssä, kappaleessa 4 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT, tarkastellaan tarkemmin FMS:ää, joka on yksi teollisuudessa hyödynnettävistä automaation tasoista. Ymmärtääkseen paremmin FMS:n toimintaa on hyvä ymmärtää myös muiden FM-tekniikoiden toimintaa sekä niiden eroavaisuuksia. (Torvinen 1997, s. 241-245)

### 3.1 FMU

FMU eli joustava automaattinen valmistusyksikkö sisältää yhden numeerisesti ohjatun työstökoneen. Yhdellä työstökoneella, kuten sorvilla tai koneistuskeskuksella ei kyetä valmistamaan kovin monimutkaisia tuotteita. Toisaalta yksikköä ei ole välttämättä rakennettu valmistamaan vain tietynlaisia tuotteita, joten yksikkö on joustava. Yksikön työstökoneen ominaisuuksien olisi hyvä olla kuitenkin mahdollisimman monipuoliset.

Kappaleen vaihto työstökoneeseen on automatisoitu ja samoin kuljetus varastoon. FMU sisältää valvontajärjestelmiä, joiden avulla miehittämätön tuotanto on myös mahdollista. FMU muistuttaa hyvin pitkälle FMS-järjestelmää, ainoastaan FMU sisältää vain yhden työstökoneen, toisin kuin FMS joka koostuu useammasta kuin kahdessa työstökoneesta. Halutessaan FMU voidaan liittää osaksi suurempaa FM-järjestelmää, kuten FMS:ää. Tällainen tilanne voi tulla eteen tuotannon laajentuessa jolloin tarvitaan lisää tehokkuutta. (Torvinen 1997, s. 242)

### 3.2 FMC

Joustavasti automatisoitu valmistussolu. Tämän automaation tason voidaan katsoa sijoittuvan FMU:n ja FMS:n välimaastoon. Valmistussolussa on FM-järjestelmille tyypilliset piirteet, kuten NC-työstökoneet, joita löytyy kaksi kappaletta tai mahdollisesti myös useampia. Erona FMS-järjestelmään on, ettei kappaleiden siirtoja tapahdu valmistusyksiköiden tai solujen välillä. Joustavasti automatisoidun valmistussolun nimitystä käytetään yhä vähemmän ja usein puhutaan FMS:stä. (Torvinen 1997, s. 243)

### 3.3 FTL

FTL:ssä (joustava transferlinja) automatisoidut työstökoneet ovat asetettu linjamaisesti peräkkäin. Linja sisältää useita NC-koneita ja ne ovat toisiaan täydentäviä eli tuotanto on aina monivaiheista. Linjassa ei ole toisia korvaavia työstökoneita toisin kuin FMS-järjestelmässä voi olla. Tuotteen valmistaminen alkaa transferlinjan alkupäästä ja tuote käy jokaisella koneella työstettävänä edetessään kohti linjan loppupäätä. Tällöin erän jokaisen kappaleen vaihejärjestys on sama. FTL:n jonkin koneen mennessä häiriötilaan joudutaan pahimmassa tapauksessa koko linjaa seisottamaan. Transferlinja on joustavuudeltaan ”jäykempi” kuin FMS, koska toimiakseen tehokkaasti se tarvitsee suuren tuotannon volyymin määrän eikä yksittäisten kappaleiden valmistaminen ole usein kannattavaa. (Torvinen 1997, s.245)

### 3.4 FMF

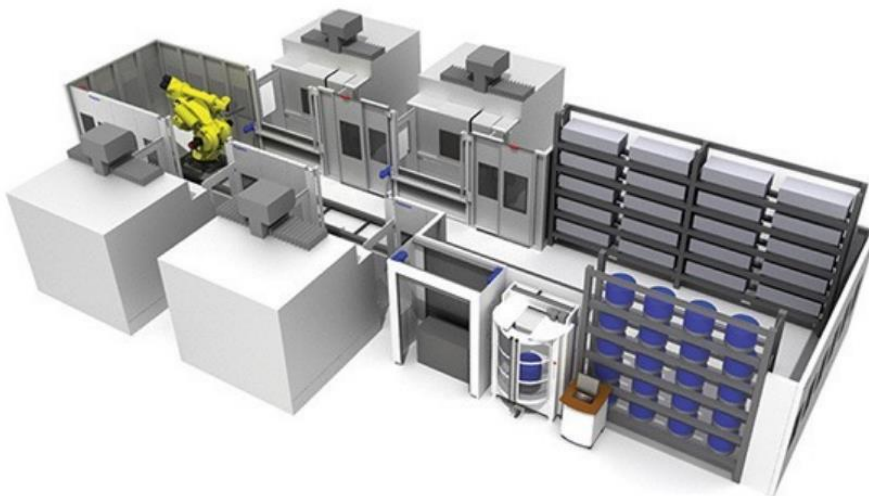
Joustavat automatisoidut tehtaot (FMF) eivät tarkoita täysin automatisoituja tehtaita, vaikka nimitys voi niin antaa ymmärtää. Toki FMF tehtaissa automaation taso on korkea sisältäen FM-tekniikkaa ja tuotantoa voidaan tehdä myös miehittämättömänä. Joustavasti automatisoiduille tehtaille tyypillisintä on kerätä informaatio- ja materiaalivirtojen tietoja koko tehtaon kattavaan tiedonkäsittelyjärjestelmään. Tällä tavoin voidaan koko tuotantoa ohjata ylhäältäpäin ja helposti muuttaa tuotantoa ongelmien sattuessa. (Torvinen 1997, s. 245)

## 4 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

### 4.1 Joustavien valmistusjärjestelmien määrittely

Joustavat valmistusjärjestelmät eli FMS (Flexible Manufacturing System). Juuret FMS:n kehitykselle alkavat 1960-luvulta, jolloin markkinoille tulivat tarjolle NC-ohjatut työstökoneet sekä -keskukset. Tällä tavoin voitiin tuotantoa automatisoida ja valmistaa yhä tehokkaammin monimutkaisempia tuotteita. Tuon ajan FMS:n määrittelmä poikkeaa hieman nykyajan määritelmästä, mutta periaatteet ovat kuitenkin samat. Nykyään FMS:n määrittäminen voidaan taas kokea hieman hankalaksi, johtuen sen lukuisista eri sovelluskohteista (Fastems Oy Ab 2013, s.36-199). Ajansaatossa on kuitenkin vakiintunut yleisiä periaatteita, joita joustavat valmistusjärjestelmät omaavat. (Fastems Oy Ab 2013, s.8)

FMS koostuu useammasta kuin kahdesta NC-koneesta. Työstökoneet voivat olla toisia täydentäviä ja/tai korvaavia. Järjestelmä omaa korkean automaation tason. Automaatiolla FMS:ssä tarkoitetaan materiaalivirtojen eli varastoinnin ja kappaleiden kuljetusta työstökoneelta toiselle automaattisesti tai osittain automaattisesti. Toimintojen joustavuuden sekä automaation mahdollistaa koko järjestelmän kattava järjestelmänohjaus. Eräkoko voi olla jopa yksi kappale ja kappaleet saadaan usein työstettyä aihioista valmiiksi tuotteeksi järjestelmällä. Järjestelmä on joustava johtuen sen kyvystä sopeutua ympäristön muutoksiin. Kuvassa 3 on esitetty robotisoitu FMS-järjestelmä. (Lapinleimu 1997, s. 154; Lakso ym. 1992, s. 10-11)



Kuva 3. Robotisoitu FMS-järjestelmä (Fastems Oy Ab 2018)

## 4.2 FMS-laitteita

### 4.2.1 NC-työstökoneet

Työstökoneet ovat asetettu toistensa lähelle, kuten rinnakkain, jolloin kappaleiden kuljetusetäisyydet pysyvät lyhyinä. NC-ohjattuja työstökoneita voivat olla esimerkiksi sorvit, työstökeskukset, hitsausrobotit, puhdistuslaitteet tai lähes mitkä vain NC-ohjaukseen perustuvat konepajakoneet (Fastems Oy Ab 2013). Olennaista työstökoneille on NC-ohjaus, jolloin koneet voivat suorittaa työstön numeerisen ohjauksen avulla ja ihmisen työvoimaa ei tarvita työstämiseen. Yhtenä piirteenä FMS:lle on työstää kappale tai osienkokonaisuus alusta loppuun valmiiksi siten, ettei sitä tarvitse työstää enää jälkeempään. Järjestelmässä täytyy olla täten toiminnoltaan poikkeavia työstökoneita, jotta kappaleen valmistaminen onnistuu. FMS- järjestelmässä voi olla myös useita saman toiminnon omaavia koneita, jos tuotanto sitä vaatii. Tilanteita joissa kappaleen työstäminen valmiiksi onnistuu vain yhdellä työstökoneella, kutsutaan yksivaiheiseksi, kun taas tilanteita joissa kappaleet vaativat useammalla koneella työstämisen, käytetään nimitystä monivaiheinen systeemi (Lapinleimu 1997, s.161). (Lapinleimu 1997, s. 154)

### 4.2.2 Kappaleenkäsittely

Aihiosta valmiiksi tuotteeksi työstämisen mahdollistaa FMS:n automaattinen työkappaleiden siirto työstökoneiden välillä. Tarkoittaen sitä, ettei kaikissa tilanteissa ihmisen tarvitse puuttua työstettävien kappaleiden siirtämiseen vaan järjestelmä ohjaa ja kuljettaa kappaleet itsenäisesti seuraavalle valmistussolulle tai työstökoneelle. Automatoitua on myös kappaleiden kuljettaminen välivarastoihin odottamaan jatkotyöstöä sekä valmiiden kappaleiden varastointi. Kappaleiden lisäksi voidaan varastoida työkaluja, paletteja ja niiden kiinnittimiä sekä muita tarvikkeita (Pylkkänen 1984, s. 80). FMS:n automaattisia siirto- ja varastointiratkaisuja löytyy nykyajan markkinoilta lukuisia. (Lakso ym. 1992, s. 10-11)

Siirto- ja varastointiratkaisut ovat usein hyvin pysyviä ja niiden muokkaaminen jälkikäteen on hankalaa. Tästä johtuen konepajalla täytyy olla hyvin tiedossa, missä työstökoneet sijaitsevat, jotta siirtoratkaisut voidaan rakentaa niiden ympärille. Siirto- ja varastointimenetelmiä voivat olla:

- riippukuljettimet,
- rullaradat,
- kiskovaunut,
- vihivaunut,
- vihihaarukkatrukit,
- robotit,
- hyllystöhissit tai
- portaalirobotti kappaleenkäsittelijät.

(Torvinen 1997, s.228-238; Pylkkänen 1984, s. 73-80)

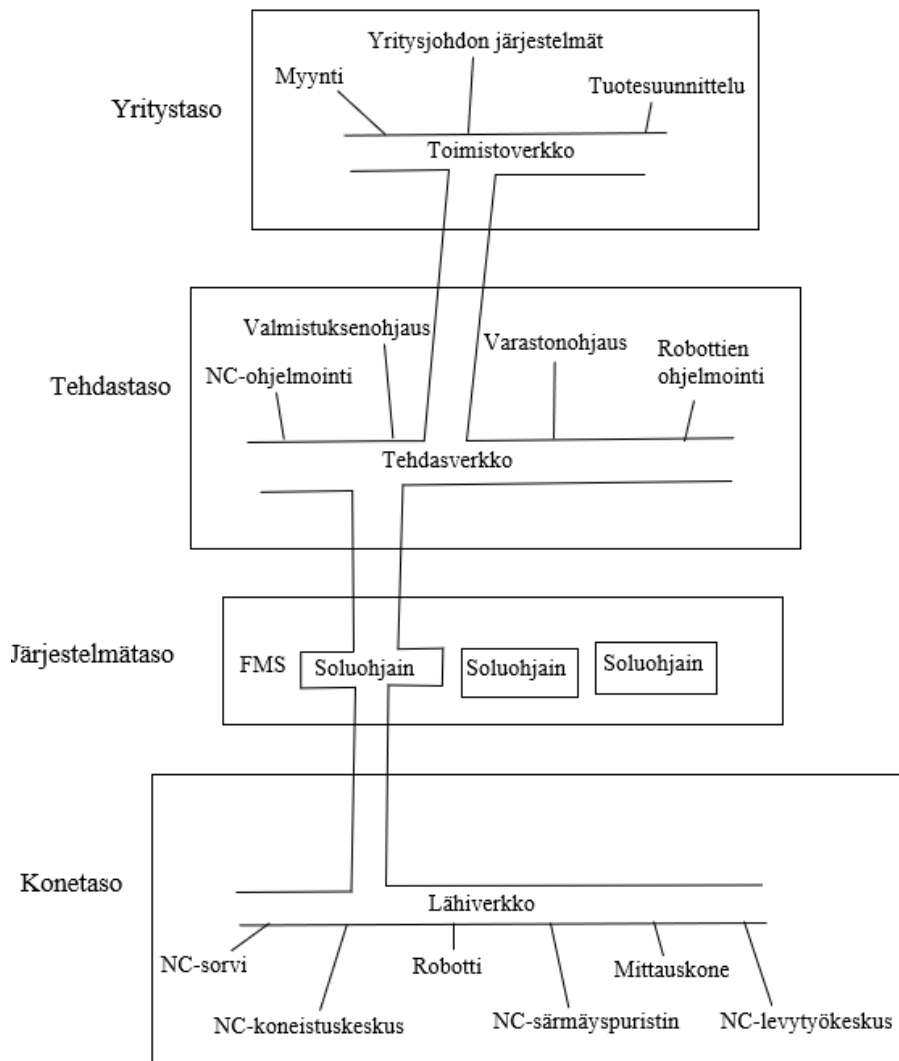
Korkea automaation taso mahdollistaa FMS-järjestelmän toiminnan tietyn ajan jopa ilman ihmisen jatkuvaa valvontaa. Tällä tavoin tuotantoa voidaan jatkaa öisin tai mahdollisesti viikonloppuisin, jos henkilöstöä ei ole paikalla. Konepaja saattaa joutua myös tilanteeseen, jossa tilausten määrä laskee, jolloin tuotantoa joudutaan supistamaan. Tällaisessa tilanteessa ei tarvitse irtisanoa henkilöstöä, vaan tuotannon määrää voidaan vähentää miehittämättömästä tuotannosta. On huomattava, ettei joustava valmistusjärjestelmä kykene pitkiä aikoja toimimaan ilman ihmisen avustusta ja mahdollisesti toimiessaan, toiminnot, joita järjestelmä voi suorittaa saattavat olla rajoitettuja. (Lapinleimu 1997, s. 154; Lakso ym. 1992, s. 10-11)

#### **4.2.3 Järjestelmänohjaus**

NC-koneiden sekä automaattisten kuljetus- ja siirtojärjestelmien lisäksi FMS:n yksi olennaisin osa on ohjausjärjestelmät, jotka ohjaavat kaikkia toimintoja. Ohjauksella tarkoitetaan esimerkiksi ohjelmoitavaa logiikkaa, joka mahdollistaa materiaalivirran säätelyn työstökoneelta toiselle ja varastoihin. Hyvin toimivassa ohjauksessa työstökoneiden käyttöaste on suuri ja tuotteet valmistuvat ajallaan. (Lapinleimu 1997, s. 154; Lakso ym. 1992, s. 26)

FMS-järjestelmän ohjaus koostuu kolmesta osasta: kone-, järjestelmä- ja tehdastasosta. Lisäksi yritystason voidaan katsoa olevan neljäs osa. Neljän ohjaustason täytyy olla yhteydessä toisiinsa, jotta tieto saataisiin kulkemaan konepajassa. Ohjaustasot voivat olla yhteydessä toisiinsa samalla tietoverkolla tai jokaisella voi olla omat verkkonsa. Nykyään yleisesti käytetty tasoja yhdistävä verkko on Internet. (Lakso ym. 1992, s. 26)

Näistä tasoista, jotka ovat verkkokytetty toisiinsa käytetään yhteisnimitystä CIM (Computer Integrated Manufacturing). Paras ratkaisu on saada kaikki samaan standardisoituun tietoverkkoon, jolloin tehdessä muutoksia, kuten syöttäessä uuden tuotantoerän tietoja, päivittyvät jokaiselle tasolle samat tiedot. Omien verkkojen tapauksessa tasot ovat yhteydessä liittännäisyksiköillä. Kuva 4. esittää tapausta, jossa liittännäisyksikkönä toimii soluohjain. (Lakso ym. 1992, s. 26)



Kuva 4. FMS-järjestelmän ohjauksen tasot eli CIM (mukaiillen Lakso ym. 1992, s. 26)

FMS:llä valmistettujen tuoteperheiden eräkoot voivat vaihdella huomattavasti. Ongelmaksi ei myöskään muodostu, jos halutaan valmistaa vain yksi kappale tuotetta. Tällaisessa tapauksessa ei tarvitse odottaa, että edellinen erä on valmistunut, vaan uuden



kappaleen tiedot voidaan syöttää järjestelmään sekä samalla tietojen syöttämisen yhteydessä voidaan kappaleen valmistamiselle asettaa prioriteetti, joka mahdollistaa kappaleen valmistamisen halutussa välissä. Asettaessa se suureen prioriteettiin voidaan kappale valmistaa toisen erän valmistumisen keskellä. Yleensä joustava valmistusjärjestelmä rakennetaan vain tietyn tapaisten tuotteiden valmistamiseen. Esimerkkejä tällaisista on hammaspyöriä valmistavat linjat tai levynmuokkauslinjat. Fastems Oy Ab on eräs suosittu suomalainen joustavien valmistusjärjestelmien valmistaja, jolta löytyy monipuolisia ratkaisuja automaation kehittämiseen (Fastems Oy Ab 2013). Yleensä yritykset haluavat hankkia FMS-järjestelmän parantaakseen tuottavuuttaan automaation avulla. (Lakso ym. 1992, s. 10-11)

#### **4.2.4 Teollisuusrobotit**

Nykyään eräs yleisin FMS-järjestelmän laite on robotti. Alun perin robotti keksittiin helpottamaan ihmisen työtä. Vaaralliset, raskaat tai puuduttavat sarjatyöt voidaan suorittaa robotin avulla nykyään. Robottien kehityksen voidaan katsoa alkaneen 1920-luvulta, mutta teollisuuden käytössä ne yleistyivät vasta 1970-luvulla. Robottien kehitys on siitä eteenpäin ollut huimaa. Samoin FMS:ssä käytettävien robottien määrä on kasvanut niiden kehittyessä. (Aaltonen 1997, s.138-161)

Robotteja voidaan käyttää FMS:ssä useissa eri tehtävissä. Kappaleenkäsittely on yksi yleisin käyttökohde. Kappaleenkäsittelijärobotti voi esimerkiksi panostaa uusia kappaleita työstökoneeseen ja sieltä pois tai toimia työstökoneena suorittaen hitsausta. Kappaleenkäsittelyssä robotin tarraimien rakenne on usein rajoittavana tekijänä, koska sama tarrain ei kykene tarttumaan kaikenlaisiin kappaleisiin. Tästä johtuen joissakin tapauksissa robotin voidaan katsoa olevan järjestelmän joustavuuden rajoittaja. Joustavuutta voidaan parantaa valitsemalla standardisoitu robotti, jolloin ainoastaan tarraimen vaihdolla toisenlaiseen, voidaan muuttaa robotin käyttötarkoitusta. (Aaltonen 1997, s.161-162).

FMS:ssä käytettävät robotit voidaan karkeasti jakaa toimintaperiaatteen mukaan seuraavasti:

- suorakulmaiset robotit,
- scara-robotti,
- kiertyvänivelliset robotit ja

- rinnakkaisrakenteiset robotit.

(Valmistusmenetelmät 2015)

### 4.3 FMS:n joustavuus

Kilpailu nykyajan markkinoilla niin kotimaassa kuin ulkomaillakin on suurta. Samalla teknologia kehittyy huimaa vauhtia ja tästä johtuen tulisi jatkuvasti tuottaa uusinta uutta, jotta kuluttajat pysyvät tyytyväisinä. Nämä, ja muut ongelmat konepajojen tulisi selittää ja pysyä samalla kilpailukykyisenä. Tästä johtuen konepajat voivat päätyä FMS-järjestelmän hankkimiseen. FMS on kertainvestointina todella kallis, mutta maksaa itsensä takaisin vuosien kuluessa. (Kashif 2017, s. 424)

FMS:n suurimmat edut tulevat esiin, kun puhutaan sen joustavuudesta. Joustavuuden avulla voidaan parantaa kilpailukykyä sekä tuottaa uusinta teknologiaa. FMS:n joustavuuden mahdollistavat järjestelmän kyky pystyä erottamaan tuotantoon tulevat kappaleet toisistaan poikkeaviksi ja sen avulla muuttamaan työstöasetuksia ja työstöjärjestystä. Joustavuus voidaan jakaa myös neljään kategoriaa:

- Volyymin muutos: valmistettävien kappaleiden lukumäärää voidaan muuttaa.
- Useat erät: järjestelmällä voidaan valmistaa useampia eriä yhtä aikaa.
- Valmistusaika: kappaleiden valmistumisajan muuttaminen.
- Kappaleiden monimuotoisuus: voidaan valmistaa tietyissä rajoissa erilaisia kappaleita tai muokata vanhoja.

(Kashif 2017, s. 425)

Yleisesti joustavuus FMS:ssä voidaan kiteyttää: kyky mukautua ympäristön muutoksille. On olemassa myös muita määritelmiä. Pylkkänen (1984, s. 5) jakaa valmistusjärjestelmien joustavuuden kolmeen laajempaan kategoriaan:

- ominaisjoustavuus,
- rakenteellinen joustavuus ja
- strateginen joustavuus.

Ominaisjoustavuus kuvaa FMS:n hetkellistä joustavuutta. Hetkellisellä joustavuudella tarkoitetaan järjestelmän kykyä valmistaa sillä hetkellä tiettyjä kappaleita, eli mitä

rajoitteita järjestelmän koneet tai kuljetusjärjestelmät ominaisuuksillaan asettavat valmistettaville kappaleille. Rajoitteet liittyvät yleensä kappaleen geometriaan tai painoon. Järjestelmä ei kykene saman aikaisesti valmistamaan suuresti toisistaan poikkeavia kappaleita ilman että järjestelmään tarvitsisi tehdä muutoksia. (Pylkkänen 1984, s. 5)

Rakenteellisen joustavuuden hyödyntämistä varten täytyy yrittäjän osata katsoa tulevaisuuteen. FMS-järjestelmää voidaan joutua ja todennäköisesti joudutaankin muokkaamaan rakenteellisesti ajansaatossa. FMS:n kykyä mukautua rakenteellisesti muutoksiin pitkällä aikavälillä, kuten lisäämällä uusia työstökoneita, kutsutaan rakenteelliseksi joustavuudeksi. Uusien työstökoneiden lisäksi järjestelmän ominaisjoustavuutta, automaatiotasoa tai valmistettavien kappaleiden kirjoa voidaan joutua lisäämään. FMS:n tulee myös sopeutua jatkuvaan teknologian kehitykseen. Rakenteellinen joustavuus otetaan onneksi hyvin huomioon järjestelmien valmistajien osalta (Fastems Oy Ab 2013). (Pylkkänen 1984, s. 6)

Strategisella joustavuudella kuvataan FMS:n kannattavaa käyttöikä. Yrityksen tulee ottaa huomioon järjestelmää hankittaessa ja strategiaa suunniteltaessa mahdollisuus siitä, että järjestelmän koneet ja muut laitteet tulevat vanhenemaan ja jäämään kehityksestä jälkeen vuosien kuluessa. Tästä johtuen suotavinta olisi käyttää järjestelmän koneet tehokkaasti loppuun, jotta niistä saataisiin paras hyöty. Tämä riski on jokaisen FMS-järjestelmää hankkivan tiedostettava. (Pylkkänen 1984, s. 6)

#### **4.4 FMS:n hankinnan edut**

Konepajatuotteet tulisi valmistaa mahdollisimman taloudellisesti varsinkin länsimaissa, jos halutaan päästä samaan hintatasoon kuin halvemman kustannustason maissa, ja samalla tulisi osata vastata kuluttajien kysyntään. Valmistukselta vaaditaan joustavuutta ja tehokkuutta. FMS-järjestelmän hankinta tuo näihin ongelmiin helpotusta. FMS:lle voidaan nähdä monia etuja. Suurimpina etuina ovat järjestelmän joustavuus, miehittämättömät tuotantojaksot sekä sen tuomat edut, tehokas tilankäyttö, nopea läpäisy aika ja tuotannon selkeä ohjattavuus. (Fastems Oy Ab 2013, s.12-13)

Edut ovat yleensä suuremmat kuin riskit mitä järjestelmän hankkimiseen tulee ja järjestelmä maksaa itsensä takaisin 2-4 vuoden kuluessa. Huomioon tulee kuitenkin

ottaa FMS:n soveltuvuus omaan tuotantoon, koska FMS rakennetaan vain tietynlaisten tuotteiden tai osaperheiden valmistukseen. Tästä johtuen valmistuksella täytyy olla tarpeeksi volyyymia. Hyvin tavanomainen järjestelmän käyttöaika on 5000-6000 tuntia vuodessa, jota voidaan pitää merkittävänä ottaen huomioon, että vuodessa on keskimäärin 8760 tuntia. (Fastems Oy Ab 2013, s.12-13)

Ominaista FMS:lle on joustavuuden sekä tehokkuuden yhdistäminen. Muut järjestelmät eivät tähän pysty ja niissä joudutaan valitsemaan joustavuuden tai tehokkuuden välillä. FMS:ssä tämän mahdollistavat lyhyet asetusajat sekä koneiden korkea käyttöaste. Koneiden asetukset voidaan tehdä niiden ulkopuolella, joten koneaikaa ei kulu siihen ja joidenkin työstökoneiden käyttöaste voi lähennellä 90 prosenttia. (Fastems Oy Ab 2013, s.34)

Tietotekniset ratkaisut ovat kehittyneet huomasti 2000-luvulta lähtien. Samalla ovat kehittyneet myös joustavien valmistusjärjestelmien ohjausjärjestelmät. Nykyään ohjaus on älykäästä ja voi huomauttaa mahdollisista resurssin puutteista. Hyvin toimivalla ohjauksella saadaan maksimaallinen hyöty irti järjestelmästä. Yhtenä FMS:n etuna on sen mahdollisuus laajeta tarvittaessa. Järjestelmät rakennetaan siten, että niihin voidaan liittää uusia työstökoneita tai niitä voidaan päivittää tilanteen vaatiessa. FMS:n lukuisten etujen avulla voidaan jopa kilpailla matalan kustannustason maissa valmistettavien tuotteiden kanssa. (Fastems Oy Ab 2013, s.35)

#### **4.5 FMS:n hankinnan riskit**

FMS:n hankkimiselle on monia etuja, mutta siihen liittyy myös riskejä. Kalliin järjestelmän hankkiminen ei yksin takaa tuottavuuden ja sitä kautta kilpailukykyyn paranemista. FMS:ää tulee osata käyttää oikein ja sen toimintakykyä tulee pitää yllä. Tämä vaatii osaavia työntekijöitä. Osaavat työntekijät voivat olla kalliita ja koneiden kunnossapidosta tulee myös osata huolehtia. Tästä johtuen hankintaa voidaan pitää riskialttiina ja usein pienillä yrityksillä ei ole vara ottaa tätä riskiä. (CPV Manufacturing, 2016; Lakso ym. 1992, s.12)

Hankinnan riskejä voidaan kuitenkin pienentää useilla tavoilla. Lakso ym. (1992, s.12-15) luettelee edellytyksiä, joilla voidaan pienentää riskejä FMS:ää hankkiessa. Näitä ovat:

- hankittavien koneiden ominaisuudet ovat oikeat käyttötarkoitukseen nähden,
- kaikki sidosryhmät tulee kouluttaa järjestelmää varten ja koulutusta tulee ylläpitää,
- järjestelmän tietokoneavusteinen simulointi ennen hankintaa,
- valitaan luotettava järjestelmän toimittaja,
- vältetään prototyyppikoneita riskialtisuudesta johtuen,
- ohjausjärjestelmät ovat jo valmiiksi kehitettyjä,
- kunnossapitojärjestelmän luominen ja
- koko yrityksen sitoutuminen hankkeeseen.

## 4.6 FMS:n käyttökohteita

FMS:n käyttökohteita on lukuisia konepajateollisuudessa. Tässä kappaleessa kuvataan järjestelmän eri käyttökohteita osien tai osaperheiden valmistuksessa. Käyttökohteiden esimerkeissä tulee hyvin esille FMS:n lukuisat edut sekä sen joustavuuden merkitys. Esimerkkiyritysten FMS-järjestelmät ovat Fastems Oy Ab:n valmistamia.

### 4.6.1 ABB Oy Moottorit ja Generaattorit Vaasa

ABB Oy Moottorit ja Generaattorit -yksikön FMS koostuu kuudesta koneistuskeskuksesta sekä hyllystöhissillä toimivasta automaattivarastosta. Viikoittain järjestelmä työstää 500 sähkömoottorin runkoa. Järjestelmällä pystytään työstämään vähintään kolmella eri koneella samoja runkoja, joten järjestelmässä on toisia korvaavia työstökoneita. Miehittämätön tuotanto ei ole tällä hetkellä mahdollista. FMS:n joustavuus tulee ABB:llä esille erityisesti sen kykyä valmistaa pieniä eriä, koska yksikön keskimääräinen erä koko on 1,5 moottoria. Vuodessa voidaan joutua valmistamaan jopa 1000 eri nimikkeellä olevaa tuotetta. Yksikön tuotantopäällikön Jani Palssin mukaa järjestelmä on varsin varmatoiminen ja häiriöitä harvemmin esiintyy. (Fastems Oy Ab 2013, s.38-45)

### 4.6.2 Ata Gears Oy

Ata Gears Oy valmistaa kartiohammaspyöriä. Fastems toimitti yritykselle vuonna 2012 FMS-linjan, joka sisältää automaattivaraston sekä kaksi 5-akselista teräsaihiota työstävää DMG koneistuskeskusta. Järjestelmään on kytketty myös oheislaitteita, kuten koordinaattimittauskone ja tällä tavoin FMS kykenee valmistamaan

kartiohammaspyörän valmiiksi lämpökäsittelyä lukuun ottamatta. Järjestelmän hankkimisen perussyö oli saada lisää tuotantoaikaa, jota myös saatiin, käyttöaste on ollut jopa yli 90 prosenttia. Ata Gearsilla järjestelmä toimii yöt ja viikonloput miehittämättömänä, muuten töitä tehdään viitenä päivänä viikossa kahdessa vuorossa. (Fastems Oy Ab 2013, s.54-63)

#### **4.6.3 Katsa Oy**

Katsa Oy:n tuotteisiin kuuluvat tarkat hammaspyörät sekä asiakastarpeiden mukaan räätälöidyt vaihteistot. Katsa päätyi FMS:n hankintaa vuonna 1989, koska halusi automatisoida hammaspyörien valmistamisen eräkokojen ollessa pieniä. Katsa päätyi yhdessä järjestelmän valmistaneen Fastems Oy Ab:n kanssa järjestelmää, joka sisälsi portaalipanostajan, robottisolun ja pystysorvin. Järjestelmä on toiminut siitä asti moitteettomasti, ainoastaan sorvin kara on vaihdettu 3-4 kertaa sekä robotti on äänieristetty. Tyypillisiä tuotteita järjestelmälle ovat 300-500 mm halkaisijalla olevat hammaspyörät, eräköko vaihtelee 10-50 kappaleen välillä. Miehittämätön tuotanto on myös mahdollista. (Fastems Oy Ab 2013, s. 86-91)

#### **4.6.4 Valtra Oy Ab**

Valtra Oy Ab Suolahdella päätyi FMS:n hankintaan parantaakseen joustavuutta ja tehokkuutta. Ensimmäinen järjestelmä hankittiin Fastemsin kautta jo vuonna 1981 ja parhaimpina vuosina järjestelmiä löytyi tehtaasta neljä kappaletta. 1980-luvulla hankitusta FMS-järjestelmästä ei ole enää tänä päivänä monia osia jäljellä, mutta sama hyllystöhissi toimii tosin päivitetyllä ohjauksella. Tästä johtuen valtralaiset arvostavat FMS tekniikan luotettavuutta, jota he ovat myös saaneet FMS-järjestelmiä valmistamalta Fastemsilta. Valtra saa FMS:ltä haluttua imuohjausta sekä Lean-tuotannon toteutumista. Traktoreiden voimansiirtoon tulee muutoksia vuosittain, joten FMS-järjestelmää todella tarvitaan Valtralla. Valtra itse huolehtii sähkön ja mekaniikan kunnossapidosta, mutta Fastems huolehtii vaativimmista huoltotoimenpiteistä. Heillä ei ole käytössä täysin miehittämätöntä tuotantoa vaan rajoitetun miehitetyn tuotanto, jolloin työntekijät eivät työskentele järjestelmän parissa vaan voivat tarvittaessa puuttua sen toimintaan. (Fastems Oy Ab 2013, s. 162-169)

## 4.7 Teollisuus 4.0

Teollisuus 4.0 on tuorein teollisuuden vallankumous. Käsite sai alkunsa Saksassa vuonna 2011. Idean takana oli parantaa Saksan kilpailukykyä valmistusteollisuudessa. Kyseessä on siis neljäs teollisuuden vallankumous. Kaikki vallankumoukset sekä niiden luonteet on kuvattu lyhyesti taulukossa 1. (Martin 2017)

Taulukko 1. Teollisuuden vallankumoukset (mukaillen [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuus/teollisuus\\_4\\_0.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuus/teollisuus_4_0.htm))

Teollisuuden aikakaudet	Alkoi	Perusta
1.0	1794	Vesi- ja höyryvoiman avulla tuotantoa.
2.0	1870	Massatuotannon alkutaival. Sähkön ja työvoiman erikoistuminen mahdollistivat liukuhihnatuotannon.
3.0	1969	Ohjelmoitavat logiikat. Automaation kasvattaminen tuotannossa elektroniikan ja tietotekniikan avulla.
4.0	Tulevaisuus	Digitaalinen toimintaympäristö.

FMS-järjestelmät saivat alkunsa teollisuuden 3.0 aikakauden syntyessä. Tämän mahdollistavat aikakaudelle ominaiset ohjelmoitavat logiikat ja tietotekniikan kehittyminen. Kolmatta aikakautta eletään vielä tänäkin päivänä. Uudelle teollisuus 4.0 aikaudelle siirtyminen ei tapahdu hetkessä vaan se vaatii vuosia. Aikakaudet omaavat tiettyjä ominaispiirteitä, jotka näkyvät myös taulukossa 1. Siirtymät toiselta aikakaudelta toiselle tapahtuvat asteittain, ja joissakin maissa kehitys on nopeampaa kuin toisissa.

Ominaista neljännelle teollisuuden vallankumoukselle on uusimpien tietoteknisten ratkaisujen sekä tuotannon yhdistäminen. Uusin teollisuuden aikakausi koskettaa erityisesti FMS-järjestelmien järjestelmienohjauksiin liittyviä toimenpiteitä, koska teollisuus 4.0:ssa pyritään täysin digitaalisen järjestelmänohjaukseen. (Anastasia 2015)

Uusimpia tietoteknisiä ratkaisuja hyväksi käyttäen pyritään nostamaan automaation tasoa sekä digitalisoimaan tuotantoa. Tällä tavoin teollisuus 4.0:n ”älykkäät tehtaot” pystyvät tuottamaan tehokkaasti laadukkaita tuotteita. Yksi merkittävimmistä uusimmista tietoteknisistä sovelluksista on koneiden kommunikointi keskenään. Koneet pystyvät kommunikoimaan keskenään Internetin välityksellä ja näin optimoimaan mahdollisimman tehokkaan tuotannon. Aikaisemmin tuotannossa, kuten perinteisissä FMS-järjestelmissä ihmiset ovat kommunikoineet koneiden kanssa ja käskeneet mitä täytyy tehdä. Teollisuus 4.0 ihmisten kommunikointi tulee vieläkin säilyttämään merkittävän roolin, mutta sen tarve vähenee. Tästä johtuen on keskusteltu uuden aikakauden aiheuttavan tuotannossa työskentelevien ihmisten irtisanomisista. (Anastasia 2015; Martin 2017)

Uuden teollisen vallankumouksen 4.0:n vaikutukset tulevat olemaan suuret kaikkialle teollisuuteen. Teollisuus 4.0:n peruseriaate on kytkeä kaikki tuotannon laitteet ja järjestelmät langattomasti yhteen Internetin välityksellä. Tällä tavoin koneet ovat älykkäitä ja pystyvät tekemään itsenäisiä ratkaisuja ongelmatilanteissa. (Anastasia 2015; Martin 2017)

Teollisuus 4.0 tuo monia etuja tullessaan käytäntöön, kuten yhä joustavamman ja asiakaslähtökohtaisemman tuotannon, pienet eräkoot sekä yleisesti tuotannon tehostamisen. Tulevaisuus tulee näyttämään miten tämä tulee vaikuttamaan konepajateollisuuden kehittymiseen. (Martin 2017)

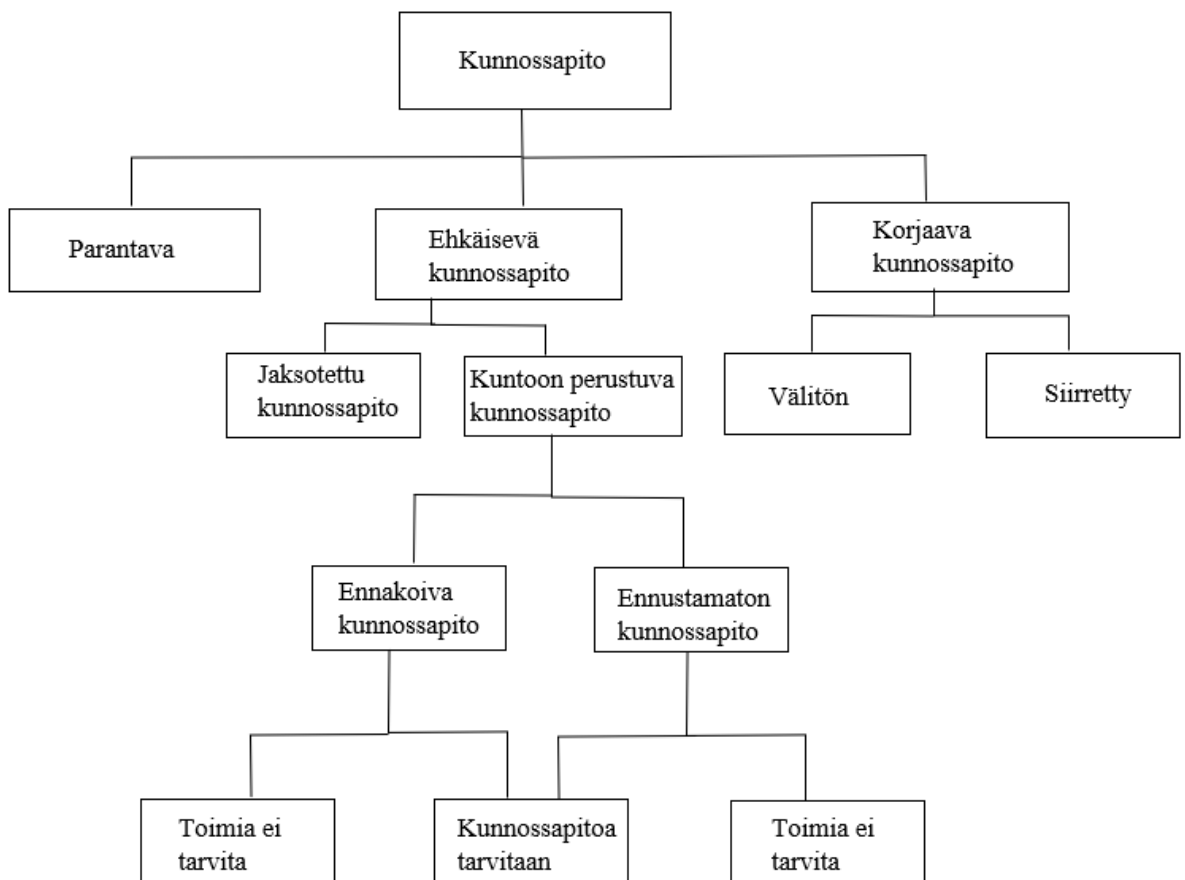


## 5 KUNNOSSAPITO FMS-JÄRJESTELMISSÄ

### 5.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidon päätarkoitus on pitää laitteet toimintakuntoisena. Tavoitteena on ennen kaikkea ehkäistä vikojen syntyminen. Toki kunnossapitoon kuuluu myös perinteisen ajattelumallin mukainen laitteiden ja koneiden korjaaminen. Nykyään kunnossapidon ymmärretään olevan tuotannontekijä eikä pelkästään kustannus. Erityisesti kunnossapidon parissa työskentelevien on helppo ymmärtää sen merkitys tuotantolaitoksen menestymisen kannalta, mutta muilla saattaa olla kunnossapidosta vanhanaikaisia käsityksiä. (Mikkonen 2009, s.25)

Standardin SFS-EN 13306 (2017) kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan: parantavaan, ehkäisevään sekä korjaavaan kunnossapitoon. Kuvassa 5 on esitetty standardin SFS-EN 13306 (2017) mukainen rakennekaavio kunnossapidon lajeista.



Kuva 5. Kunnossapidon lajit (mukaillen SFS-EN 13306 20017, s. 58).

## 5.2 Kunnossapidon merkitys FMS:lle

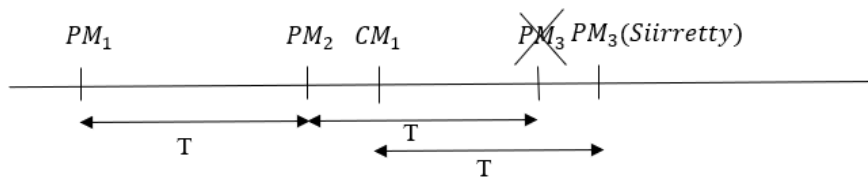
Konepajateollisuuden kuluttajat haluavat laadukkaita tuotteita oikeaan aikaan. FMS tuo tähän helpotusta, mutta samalla poistuvat turhat välivarastot ja varastot, joihin ennen voitiin varastoida tuotteita ja toimittaa asiakkaille, jos tuotannossa sattui häiriöitä. Sählyksen määrää tuotannossa täytyy siis vähentää ja erityisesti koneiden tulee olla tuotantokunnossa. FMS-järjestelmässä koneet voivat työstää jopa yli 7000 tuntia vuodessa, joten niiden täytyy olla lähes aina toimintakunnossa, jotta tilaukset ehditään valmistaa. Tämän vuoksi kunnossapitoon panostaminen FMS:ssä on erityisen tärkeää. (Torvinen & Vihinen 1997, s.360-361)

FMS on korkeasti automatisoitu järjestelmä, joten sen voidaan katsoa myös olevan herkkä häiriöille. Koneet ovat myös suuressa käytössä, joten ne kuluvat normaalikäyttöistä konetta nopeammin. Joidenkin tutkimusten mukaan FMS-järjestelmän koneet voivat kulua jopa neljä kertaa nopeammin kuin perinteiset työstökoneet (Savsar 2006, s.274). Tämän voidaan katsoa aiheuttavan myös lisää häiriöitä. Järjestelmän laitteet ja koneet ovat kalliita, joten on panostettava luotettavaan kunnossapitohenkilöstöön. (Torvinen & Vihinen 1997, s.360-361)

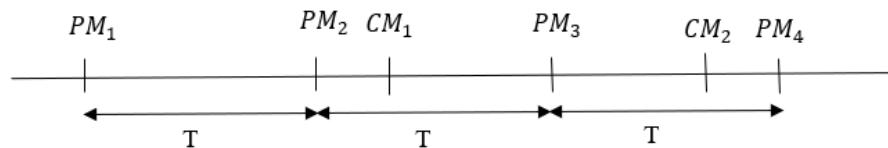
Kunnossapidon kohteena voivat olla kaikki FMS:n laitteet ja sitä voidaan suorittaa ehkäisevästi tai korjaavasti. Korjaavassa kunnossapidossa kunnossapitoa suoritetaan vian ilmenemisen jälkeen. Tästä johtuen koneet joutuvat yllättäen seisomaan ennalta arvaamattomasta syystä. Ehkäisevässä kunnossapidossa korjaustoimenpiteitä suoritetaan ennen kuin laitteiden rikkoutumista tai vian ilmenemistä tapahtuu. Ehkäisevän kunnossapidon voidaan katsoa olevan aina parempi ratkaisu kuin korjaavan kunnossapidon, koska ennalta tiedettyyn laitteen seisomiseen osataan varautua ja näin se on halvempaa ja tehokkaampaa kuin ennalta arvaamaton (Celen & Djurdjanovic 2012, s. 296). (Savsar 2006, s. 274-275)

Ehkäisevä kunnossapito on yleensä laitekohtaisesti ajoitettu suoritettavan tietyn väliajoin. Ajoituksessa voidaan erottaa kaksi eri menettelytapaa, ikään perustuva ja jaksotukseen perustuva. Ikään perustuvassa ehkäisevässä kunnossapidossa vian ilmetessä ennen ajoitettua kunnossapitotyötä suoritetaan korjaava kunnossapito ja siirretään suunnitellun kunnossapidon toteutusajankohtaa. Jaksotetussa vian ilmetessä ennen suunniteltua ehkäisevää kunnossapitotyötä suoritetaan myös korjaava

kunnossapito, mutta ajoitettua ehkäisevää kunnossapitoa ei siirretä, vaan se suoritetaan sille suunnitellulla hetkellä. Kuvassa 6 on esitetty ikään perustuva ehkäisevä kunnossapito. PM (Preventive Maintenance) tarkoittaa ehkäisevää kunnossapitoa, CM (Corrective Maintenance) korjaavaa kunnossapitoa ja T (Time) on aika, jonka välein kunnossapitotoimenpide suoritetaan. Kuvassa 7 on esitetty puolestaan jaksotukseen perustuva ehkäisevä kunnossapito. Erot ovat huomattavat käytännössä ja FMS-järjestelmän laitteissa voi jokaisella olla sille parhaaksi havaittu kunnossapitomenettely käytössä. (Savasar 2006, s. 275)



Kuva 6. Ikään perustuva ehkäisevä kunnossapito (mukaiillen Savasar 2006, s.276).



Kuva 7. Jaksotukseen perustuva ehkäisevä kunnossapito (mukaiillen Savasar 2006, s.276).

Ehkäisevä kunnossapito on siis kannattavaa. Hankaluutena on tietää kuinka usein olisi kannattavaa suorittaa ehkäisevää kunnossapitoa, koska ylimääräisen kunnossapidon suorittaminen tuo turhia lisäkustannuksia (Savasar 2006, s. 276). Tästä johtuen nykyään FMS:ssä käytetään yhä enemmän valvonta- sekä kunnossapitojärjestelmiä, joiden avulla voidaan seurata koneita sekä laitteita ja tällä tavoin ennakoida kunnossapidon tarvetta etukäteen. (Lakso ym. 1992, s.24)

### 5.3 Kunnossapidon toteutus FMS:ssä

Kunnossapidon vaikutukset FMS-teknologiaa hyödyntävässä yrityksessä eivät rajoitu ainoastaan laitteiden toimintavarmuuteen. Kunnossapidosta saatava tieto vaikuttaa suorasti tai epäsuorasti myös yrityksen johtoon, myyntiin, laadunvalvontaa, tuotantoon, osto/konetoimittajaan, tuote-/menetelmäsuunnitteluun sekä tuotannosuunnitteluun. Tämän vuoksi kunnossapidosta saatavaa tietoa tulisi kerätä kunnossapitojärjestelmään. Järjestelmän avulla saadaan kunnossapidosta saatava tieto kaikkien sitä tarvitsevien käyttöön ja samoin tiedon dokumentointi on mahdollista. (Mallinen 1996, s.11)

FMS sisältää mekaanisen, sähköisen sekä ohjelmiston kunnossapidon, joten laajaa ammattitaitoa tarvitaan. Kunnossapidon toteuttajat voi yritys itse päättää. Yritys voi itse kouluttaa ja näin luoda oman kunnossapito-organisaation halutessaan. Tämä tilanne on hyvin yleistä, jos kyseessä on suurempi yritys. Pienemmät yritykset voivat suorittaa yksinkertaisimmat kunnossapitotyöt itse ja ostaa haastavimmat kunnossapitotyöt palveluna ulkopuoliselta taholta. Joissakin tapauksissa saatetaan FMS-järjestelmän valmistajan kanssa tehdä huoltosopimus, jolloin valmistaja sitoutuu huoltamaan järjestelmää (Fastems Oy Ab 2013). Huoltosopimusta tehdessä tulee yrityksen huomioida, kuinka nopeasti ulkopuolinen huoltaja pääsee paikalle. Pitkän välimatkan vuoksi koneet joutuvat turhaan seisomaan, joten yrityksen voi olla kannattavampaa palkata omaa kunnossapitohenkilöstöä. (Lakso & Vihinen 1989, s.42-45)

FMS-järjestelmän omistajan tulee huomioida myös varaosien tarve. Yleisesti yrityksellä on itsellään varastossaan useasti kuluvia varaosia, koska laiterikon sattuessa ja järjestelmän seisoessa voivat kustannukset nousta nopeasti korkeaksi. Ei toivottu tilanne on tuotannon seisominen varaosien puutteesta johtuen ja kiireesti tilatut varaosat ovat yleensä kalliimpia, kuin ennalta hankitut.

## 6 YHTEENVETO

Automaation hyödyntäminen nykyajan teollisuudessa on enemmän edellytys kuin vaihtoehto. Automaation avulla pysytään tehostamaan tuotantoa ja näin pysymään kilpailukykyisinä. Konepajoilla automaatiota tarvitaan yhtä lailla kuin muuallakin teollisuudessa. Konepaja-automaatio voidaan jakaa karkeasti jäykkään ja joustavaan automaatioon. Joustava automaatio pitää sisällään FM-tekniikat.

FM-tekniikat ovat jaoteltu niiden laajuuden mukaan viiteen eri kategoriaan, joista FMS on yksi. FMS on yksi yleisimmin käytetty joustava, automaatiota sisältävä, järjestelmä konepajoilla. FMS sisältää yleensä NC-työstökoneita, automatisoitua kappaleenkäsittelyä, järjestelmänohjausta sekä robotteja. Joustavalla valmistusjärjestelmän joustavuuden mahdollistaa sen kyky sopeutua ympäristön muutoksiin.

FMS:n hankinta sisältää sekä riskejä että etuja. Suurimpana eduista ovat tehokkuuden ja joustavuuden parantuminen. Riskeiksi voidaan nähdä hankinnan suuri kertainvestointi sekä mahdollisuus epäonnistua. Järjestelmän käyttökohteet ovat hyvin laajat ja tietotekniikan kehittyessä teollisuus 4.0 voi tuoda tullessaan uusia sovelluskohteita.

FMS:ssä jotkin koneet voivat toimia vuodessa yli 7000 tuntia (vuodessa on 8760 tuntia), joten niiden käyttöaste on hyvin suuri. Tästä johtuen koneiden tulee olla toimintakuntoisia lähes aina, joten kunnossapidon merkitys on erittäin suuri joustavissa valmistusjärjestelmissä. Kunnossapidon tulisi olla ehkäisevää ja korjaavan kunnossapidon tilanteita tulisi välttää. FM-järjestelmän omaavan yrityksen tulisi itse päättää kuinka haluaa kunnossapidon toteutettavan.

## 7 LÄHDELUETTELO

Aaltonen K. & Torvinen S., 1997. Konepaja-automaatio. 1. painos. Porvoo: WSOY, 209 s. ISBN 951-0-21439-6

Anastasia, 2015. Industry 4.0: Everything You Need To Know. Cleverism. Saatavissa: <https://www.cleverism.com/industry-4-0-everything-need-know/> [viitattu 7.2.2018]

Celen M. & Djurdjanovic D., 2012. Operation-dependent maintenance scheduling in flexible manufacturing systems. 4. painos. 296-308 s. ISSN 1755-5817. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2012.09.005> [viitattu 31.1.2018].

CPV Manufacturing, 2016, Advantages & Disadvantages of Flexible Manufacturing System, Disadvantages of a Flexible Manufacturing System [verkkodokumentti]. USA: CPV Manufacturing. Saatavissa: <http://www.cpvvmfg.com/blog/advantages-disadvantages-flexible-manufacturing-system/> [viitattu 28.1.2018].

FASTEMS OY AB., 2013. Täydellä teholla. Helsinki: Libris Oy, 197 s. ISBN 978-952-93-2715-7

FASTEMS OY AB., 2018. RoboFMS. Saatavissa: <https://www.fastems.com/robofms/> [viitattu 18.2.2018].

Kashif M., Karaulova T., Otto, T. & Shevtshenko E., 2017. The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Performance Analysis of a Flexible Manufacturing System (FMS). 424-429 s. ISSN 2212-8271. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.123> [viitattu 25.1.2018].

Lahden ammattikorkeakoulu, 2018. Opintojakso: Valmistusmenetelmät 2015 [verkkodokumentti]. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://miniweb.lpt.fi/automaatio/index.html> [viitattu 27.1.2018].

Lakso T., Raami J. & Selesvuo J., 1992. NC-sorvien käytön tehostaminen FMS-teknologialla, 2/92. Tampere: Tammer-Paino Oy, 104 s. ISBN 915-817-540-3

Lakso T. & Vihinen J., 1989. Konepaja-automaation kunnossapito. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, 65 s. ISBN 951-817-434-2

Lapinleimu I., Kauppinen V. & Torvinen S., 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY, 398 s. ISBN 951-0-21436-1

Mallinen P. (toim.), 1996. Konepajan tuotantoprosessin tehokkuuden, tuottavuuden ja laaduntuottokyvyn parantaminen kunnossapidon avulla. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, 124 s. ISBN 951-817-658-2

Martin, 2017. Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future of Employment. Cleverism. Saatavissa: <https://www.cleverism.com/industry-4-0/> [viitattu 7.2.2018]

Mikkonen H. (toim.), 2009. Kuntoon perustuva KUNNOSSAPITO. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy, 606 s. ISBN 978-952-99458-4-9

Pylkkänen J., 1984. FMS koneistuksessa: Osa 1. Metalliteollisuuden kustannus Oy: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto, 95 s. ISBN 951-817-225-0

Savsar M., 2006. Effects of maintenance policies on the productivity of flexible manufacturing cells. 3. painos. 274-282 s. ISSN 0305-0483. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.10.010> [viitattu 20.1.2018].

SFS-EN 13306, 2017. Maintenance. Maintenance terminology. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 84+3 s.