

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka, modernit tuotantojärjestelmät

Tutkintotyö

Risto Lahti

FM-JÄRJESTELMÄN KÄYTÖN KEHITTÄMINEN

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

DI Arto Jokihaara
Hervannan Koneistus Oy, ohjaajana toimitusjohtaja Kimmo Korhonen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka, modernit tuotantojärjestelmät

Lahti, Risto

FM-järjestelmän käytön kehittäminen

Tutkintotyö

62 sivua + 1 liitesivu

Työn valvoja

DI Arto Jokihaara

Työn teettäjä

Hervannan Koneistus Oy, ohjaajana toimitusjohtaja Kimmo Korhonen

Huhtikuu 2007

Hakusanat

FM-järjestelmä, FMS, koneistus, koneistuskeskus

TIIVISTELMÄ

Hervannan Koneistuksella on käytössään raskaiden kappaleiden FM-järjestelmä, joka käsittää varastohyllystön 93 konepalettipaikalla, viisi vaakaraista koneistuskeskusta sekä neljä lataus- ja purkuasemaa. Järjestelmän tuotanto toimii miehitettynä keskeytyvässä kaksivuorojärjestelmässä ja yövuoro on varattu miehittämättömälle tuotannolle. Kaikki järjestelmässä koneistettavat kappaleet ovat valurautaisia valukappaleita. Suurin osa koneistettavista kappaleista on erilaisia dieselmoottorin osia. Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli perehtyä kyseisen järjestelmän toimintaan ja käyttämiseen, ja siitä saatujen havaintojen ja kokemusten perusteella tuoda esiin mahdollisia järjestelmään sekä sen käyttöön liittyviä kehityskohteita ja kehitysideoita.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering, Modern production systems

Lahti, Risto

Developing the usage of FMS

Engineering Thesis

62 pages + 1 appendice

Thesis Supervisor

M.Sc. Arto Jokihaara

Commissioning Company

Hervannan Koneistus Oy, Supervisor MD Kimmo Korhonen

April 2007

Keywords

FM-system, FMS, machining, machining center, milling

ABSTRACT

Company called Hervannan Koneistus Oy uses flexible manufacturing system, which includes pallet storage for 93 pallets, five horizontal machining centers and four loading / unloading stations. Production in this system works in two manned shifts, and the third shift is reserved for unmanned production. All workpieces in the system are castings and made from cast iron. Most of the workpieces are designed for diesel engines. Purpose of this thesis was to get involved with the system, make observations, gain some practical experiences and then bring out possible targets for development.

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO.....	4
1 LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET.....	5
2 JOHDANTO.....	6
3 HERVANNAN KONEISTUS OY.....	7
4 JYRSINTÄ.....	8
5 VALURAUDAN KONEISTUS.....	11
6 FMS YLEISTÄ.....	13
6.1 Joustava automaattinen valmistusyksikkö eli FMU.....	14
6.2 Joustava automatisoitu valmistussolu eli FMC.....	16
6.3 Joustava transferlinja eli FTL.....	17
6.4 Joustava valmistusjärjestelmä eli FMS.....	18
6.5 Joustava automatisoitu tehdas eli FMF.....	24
7 FM-JÄRJESTELMÄ HERVANNAN KONEISTUS OY.....	25
7.1 FM-järjestelmän osat.....	26
7.2 FM-järjestelmän osien tehtävät.....	29
7.3 Fastems MMS.....	34
8 FM-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteet YLEISTÄ.....	36
8.1 Miehitämätön tuotanto.....	39
8.2 FM-järjestelmän ja koneiden käytösuhde.....	40
8.3 FM-järjestelmän kunnossapito.....	42
8.4 Henkilöstö.....	45
9 FM-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteet HERVANNAN KONEISTUS OY.....	46
9.1 Miehitämätön tuotanto Hervannan Koneistus Oy.....	46
9.2 FM-järjestelmän ja koneiden käytösuhde Hervannan Koneistus Oy.....	49
9.3 FM-järjestelmän kunnossapito Hervannan Koneistus Oy.....	54
9.4 Henkilöstö Hervannan Koneistus Oy.....	56
10 YHTEENVETO.....	60
LÄHDELUETTELO.....	61
LIITTEET	
1 FM-järjestelmän käyttäjien osaamismatriisi Hervannan Koneistus Oy	

1 LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

FM-järjestelmä = joustava valmistusjärjestelmä

FMS = Flexible Manufacturing System = joustava valmistusjärjestelmä

FMU = Flexible Manufacturing Unit = joustava automaattinen valmistusyksikkö

FMF = Flexible Manufacturing Factory = joustava automaattinen tehdas

FTL = Flexible Transfer Line = joustava transferlinja

FMC = Flexible Manufacturing Cell = joustava automatisoitu valmistussolu

FAS = Flexible Assembly System = joustava automaattinen kokoonpano

MMS = Manufacturing Management System = valmistuksenhallintajärjestelmä

MLS = Multi Level System = monitasojärjestelmä (Fastems)

RPC = Robotized Production Cell = robotisoitu valmistussolu (Fastems)

RTS = Robot Tool Storage = robotisoitu työkalumakasiini (Fastems)

ERP = Enterprise Resource Planning = toiminnanohjausjärjestelmä

EDI = Electronical Data Interchange = organisaatioiden välinen tiedonsiirto (OVT)

NC = Numerical Control = numeerinen ohjaus

CNC = Computerized Numerical Control = tietokoneohjattu numeerinen ohjaus

DNC = Distributed Numerical Control = suora numeerinen ohjaus

ISO = International Standards Organisation = kansainvälinen standardisoimisjärjestö

RMT = rajoitetusti miehitetty tuotanto

MTBF = Mean Time Between Failures = keskimääräinen vikaantumisväli

MDI = Manual Data Input = tietojen syöttäminen käsin (NC – työstökoneet)

CAM = Computer Aided Manufacturing = tietokoneavusteinen valmistus

TPM = Total Productive Maintenance = kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

2 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli perehtyä Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään, sen päivittäiseen käyttöön ja ylläpitoon. Tutkintotyön tavoitteena oli löytää ja tuoda esiin keinoja, joilla FM-järjestelmän käyttöä voitaisiin kehittää, käytösuhdetta nostaa ja lisätä tuotannon tehokkuutta. Itse varsinaisen fyysisen FM-järjestelmän lisäksi tarkastelun kohteena olivat henkilöstö, tuotantotilat, tuotannonohjaus, tuotantotekninen suunnittelu, menetelmäsuunnittelu, kunnossapito, koneet, työvälineet ja laatutoiminta. FM-järjestelmän toimintaa osana yrityksen tuotantoa tarkasteltiin myös kokonaisvaltaisesti.

FM-järjestelmä on rakennettu 1998 ja sitä on sen jälkeen laajennettu kolmesti. Nykyisellään se on suhteellisen suuri verrattuna muihin suomalaisten konepajojen FM-järjestelmiin. FM-järjestelmää voidaankin pitää eräänlaisena yrityksenä yrityksen sisällä. Sille voidaan eritellä omia itsenäisiä toimintoja ja tunnuslukuja, kuten esimerkiksi liikevaihto, toimitusvarmuus ja varastotoiminnot. FM-järjestelmän ohjausohjelmisto päivitettiin viimeisimmän järjestelmän laajennuksen yhteydessä Fastemssin neljännen sukupolven MMS-ohjelmistoon. Ohjelmisto otettiin tuotantokäyttöön järjestelmän nykyisessä laajuudessa 6.9.2006, jolloin myös aloitettiin uuden Daewoo ACE-H100 koneistuskeskuk- sen ylösajo tuotantokäyttöön.

FM-järjestelmän kehityskohteita etsittiin itsenäisesti toimimalla järjestelmän käyttäjänä sekä kirjaamalla ylös muiden järjestelmän käyttäjien esiin tuomia seikkoja jokapäiväisessä tuotannossa. Näin saatiin asioihin varsin käytännönläheinen tuntuma. Sen lisäksi asioita pyrittiin käsittelemään myös yrityksen ja työnantajan näkökulmasta. Tavoitteena oli myös perehtyä Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään liittyvään teoriaan ja tuoda sitä esille tässä tutkintotyössä. Esiin nousseet tärkeimmät kehityskohteet olivat miehittämätön tuotanto, FM-järjestelmän ja koneiden käytösuhde, FM-järjestelmän kunnossapito ja henkilöstö. Yksittäisiä kehityskohteita FM-järjestelmästä löytyy lukuisia muitakin, mutta tarkoitus oli sisällyttää ne edellä mainittuihin kehityskohdekokonaisuuksiin.

3 HERVANNAN KONEISTUS OY / 18 /

Hervannan Koneistus Oy on vuonna 1971 perustettu, yksityisessä omistuksessa oleva koneistusalan alihankintayritys. Se toimii Tampereella noin 4000 m² tuotantotiloissa, ja yrityksen palveluksessa on 45 henkilöä (1.1.2007). Hervannan Koneistus Oy on erikoistunut avarrettavien ja jysyttävien kappaleiden valmistukseen, mutta myös jonkin verran pyörähdyskappaleita on tuotannossa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2006 oli 9,6 milj. € Vuoden 2007 aikana tuotanto laajenee uusien toimitilojen ja koneinvestointien myötä. Hervannan Koneistuksen asiakkaita ovat johtavat suomalaiset konepajayritykset, ja sen laatu järjestelmä noudattaa SFS-EN ISO 9001:2000 standardia, sertifikaatin on myöntänyt Lloyd's RQA. Vuoden 2007 aikana on laatu järjestelmään tarkoitus liittää myös SFS-EN ISO 14001 -mukainen ympäristöohjelma. Toiminnanohjausjärjestelmänä on käytössä C9000 / EDI.



Kuva 1 Hervannan Koneistus Oy

4 JYRSINTÄ / 1 /

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään liitetyt koneistuskeskukset ovat kaikki CNC-jyrsinkoneita. Jyrsiminen on lastuava työstömenetelmä, jossa pyörivää, tavallisesti monihampaista työkalua käyttäen irrotetaan lastuja työstettävästä kappaleesta. Jyrsimällä voidaan valmistaa esimerkiksi tasomaisia tai käyriä pintoja sekä uria ja hammassuotoja. Työstettävä kappale kiinnitetään jyrsinkoneeseen, esimerkiksi jyrsinkoneen pöytään, joka suorittaa syöttöliikkeen. Pyörivä työkalu eli jyrsinterä suorittaa lastuamisen. Teollisuudessa on käytössä malliltaan ja käyttötarkoitukseltaan erilaisia jyrsinkoneita. Ne voidaan ryhmitellä konetyypeittäin esimerkiksi seuraavalla tavalla:

Polvimaiset jyrsinkoneet

- tasojyrsinkoneet
- yleisjyrsinkoneet
- pystyjyrsinkoneet

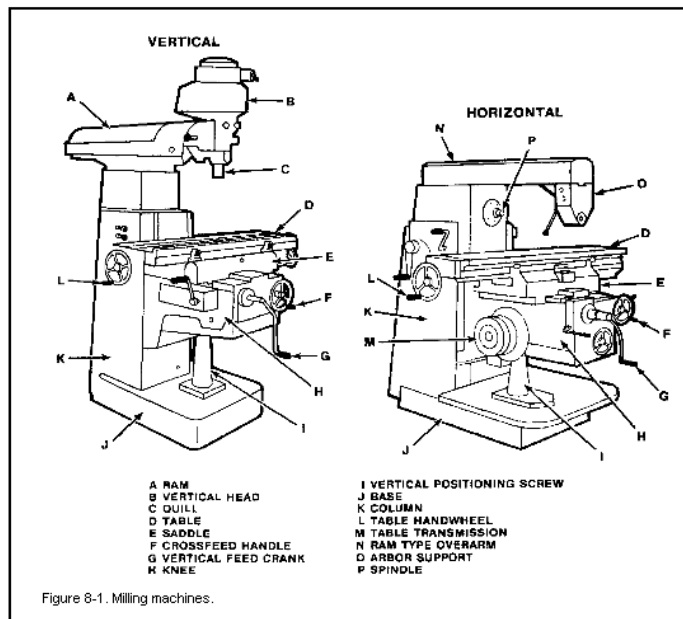
Runkomalliset jyrsinkoneet

- tasojyrsinkoneet
- yleisjyrsinkoneet
- pystyjyrsinkoneet
- pitkäjyrsinkoneet

Erikoisjyrsinkoneet

- työkalujyrsinkoneet
- kopiojyrsinkoneet
- monitoimijyrsinkoneet
- CNC-jyrsinkoneet
- CNC-koneistuskeskukset
- vierintäjyrsinkoneet
- kierrejyrsinkoneet
- kiilaurajyrsinkoneet

Näistä polvimalliset jyrsinkoneet ovat pienistä ja keskisuurista koneista yleisimpiä. Runkomalliset jyrsinkoneet ovat erittäin tukevia työstökoneita. Ne ovat suurempia kuin polvimalliset jyrsinkoneet ja niiden pöytä toimii vakiokorkeudella. Pöydän pituusliike on melko suuri verrattuna vastaavan kokoiseen polvimalliseen jyrsinkoneeseen. Erikoisjyrsinkoneet on yleensä tarkoitettu vain tiettyjen työkappaleiden jyrsintään, tai ne ovat erittäin monipuolisia ja automaattisia työstökoneita, joilla tehdään erikoistöitä.



Kuva 2 Polvimaiset yleisjyrsinkoneet / 13 /



Kuva 3 Polvimaiset yleisjyrsinkoneet / 16 /

CNC-jyrsintä / 1 /

CNC-koneistuskeskus eli automaattijyrsinkone on pitkälle kehitettyä työstökoneetekniikkaa. Siinä on numeerinen ohjaus ja automaattinen työkalunvaihto. Työkalut on kiinnitetty joko erityiseen työkalurumpuun tai työkalumakasiiniin. Työkalunvaihtaja poimii rummusta tai makasiinista työkalun, kiinnittää sen työstökaraan ja palauttaa edellisen työkalun takaisin omalle paikalleen. CNC-koneistuskeskuksia voidaan käyttää sekä pienten että suurien sarjojen valmistukseen ja kun kappaleen valmistuksessa tarvitaan useita työvaiheita ja työkaluja. CNC-koneistuskeskuksia on saatavilla perusmallisista 3-akselisista aina moniakselisiin monitoimikoneisiin. Työkalupaikkoja on saatavilla perusmallien muutamasta kymmenestä aina useisiin satoihin. Viimeisintä kehitystä alalla edustaa erillinen robotti, joka toimii työkaluvaraston ja työstökoneen työkalunvaihtajan välillä. Nykyaikaisissa työstökeskuksissa on tehokkaat lastuamisnest- ja lastunpoistojärjestelmät sekä reaaliaikainen työstönvalvonta. CNC-koneistuskeskus voidaan varustaa erilaisilla lisälaitteilla, kuten esimerkiksi NC-pyöröpöydällä.



Kuva 4 CNC-koneistuskeskus Daewoo ACE-HM800 / 14 /

5 VALURAUDAN KONEISTUS / 5, 19 /

Kaikki Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän työkappaleet ovat valurautaisia valukappaleita. Valuraudat ovat sellaisia rauta-hiiliseoksia, joiden hiilipitoisuus on yli 2,1 %. Runsaan hiilipitoisuuden takia valurautamateriaaleissa esiintyy puhdasta hiiltä eli grafiittia erillisinä sulkeumina. Näiden grafiittisulkeumien perusteella valuraudat jaetaan somu-, tylppä- ja pallografiittivalurautoihin. Näiden lisäksi on valkoinen valurauta, jossa hiili ei esiinny erillisinä sulkeumina, vaan on sitoutunut karbideihin. Lämpökäsittelyn avulla valkoisesta valuraudasta saadaan adusoituja eli tempervalurautoja. Valurautojen koneistettavuudessa on suuria eroja. Valurautojen koneistettavuuteen vaikuttavat sen materiaalin mikrorakenne, käytettävä terämateriaali ja lastuamisneste.

Suomugrafiittivaluraudalla (GJL, GRS) eli harmaavaluraudalla on erinomainen koneistettavuus, mutta pinnanlaadun kanssa voi olla ongelmia. Myös ainepaksuuden vaihtelusta aiheutuva seinämäherkkyys ja siitä johtuvat kovuuserot voivat hankaloittaa koneistusta. Koneistettavuuteen vaikuttavat myös materiaalin matriisin ominaisuudet ja rakenne.

Pallografiittivaluraudan (GJS, GRP) koneistettavuus on lähellä suomugrafiittivaluraudan tasoa. Pallografiittivaluraudassa ei ole seinämäherkkyystaipumusta.

Tylppägrafiittivaluraudan (GJV, GRV) koneistettavuus on samaa tasoa pallografiittivaluraudan kanssa. Ne kestävät hyvin lämpövaihtorasituksia.

Koneistettavan kappaleen suunnittelussa huomioitavia asioita

- Kappaleeseen suunnitellaan kiinnitystä ja paikoitus helpottavat muodot, esimerkiksi T- tai V-muodot, jolloin kappale kiinnittyy yksiselitteisesti.
- Kappaleeseen voidaan suunnitella kiinnitystuet helpottamaan kappaleen kiinnitystä. Kiinnitystuet voidaan lopuksi koneistaa pois tai jättää kappaleeseen.
- Valukappaleen seinämävahvuutta on hyvä lisätä koneistettavissa kohdissa. Paksumpi kohta valukappaleessa jäähtyy hitaammin, mikä parantaa kohdan koneistettavuutta.

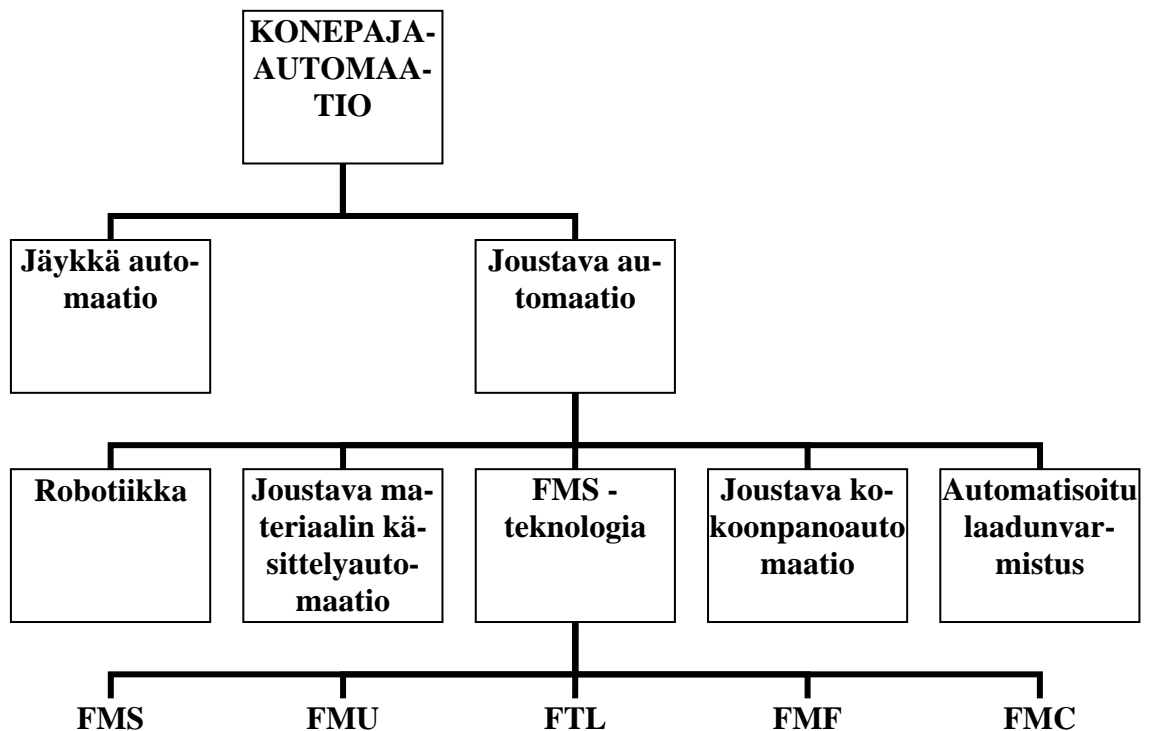
- Kappaleeseen voidaan valaa lastunkatkaisu-urat helpottamaan oikeaoppista lastunmuodostusta.
- Reiän poraamista vinoon pintaa voidaan helpottaa suunnittelemalla siihen kevennys tai olake.
- Kappaletta suunniteltaessa on mietittävä, kannattaako reikiä tehdä valamalla vai poraamalla. Pääperiaate on että pienemmät reiät tehdään poraamalla ja suuremmat valamalla, ja valettuihin reikiin jätetään riittävä työvara.
- Työstövarat tulee sijoittaa valukappaleeseen oikein ja sopivan suuruisina. Työstövarojen suuruus riippuu valumateriaalista, vaaditusta tarkkuudesta, koneistusmenetelmistä, kappaleen koosta ja muodosta sekä kappaleen asennosta muotissa. Usein valukappaleen pintaan jää muotista tarttunutta hiekkaa, joka yhdessä liian pienen työstövaran kanssa saa aikaan terien nopean kulumisen.

Valetun kappaleen aiheuttamia ongelmia koneistuksessa

- Hiekkamuotteihin valettujen kappaleiden mittatarkkuus vaihtelee valmistusmenetelmästä johtuen. Mittatarkkuuden vaihtelu asettaa kappaleen kiinnitykselle ja paikoittamiselle erityiset vaatimukset koneistuskeskuksissa.
- Koska valukappaleiden toleranssit eivät voi olla tiukkoja johtuen valumenetelmästä, täytyy kiinnittimellä pystyä paikoittamaan ja kiinnittämään kooltaan vaihtelevia valukappaleita.
- Valumuotin eri puoliskojen kohdistusvirheestä johtuvat jakotasopoikkeamat aiheuttavat ongelmia kappaleen kiinnityksessä ja koneistuksessa.
- Valumuotin ja keernan epäkeskeisyydet aiheuttavat kappaleeseen työstövaravirheitä. Työstövarat voivat pahimmassa tapauksessa jäädä niin pieniksi, että kappaleen koneistus valmiiksi on mahdotonta.
- Valukappaleissa oleva päästö vaikeuttaa kappaleiden kiinnityksen pitävyyttä, joten liian suuria päästökulmia tulisi välttää.
- Valukappaleiden muotovirheet vaikuttavat kappaleen työstövaroihin ja vaikeuttavat koneistusta.
- Valukappaleisiin jääneet valujännitykset tulisi poistaa jännityksenpoistoherkutuksella, etteivät ne aiheuttaisi muodonmuutoksia koneistuksen jälkeen.

6 FMS YLEISTÄ

Konepajateollisuuden elinehtona on ollut ja tulee olemaan kyky vastata alati kiihkeyttä kilpailun mukanaan tuomiin haasteisiin. Tämä edellyttää tuotteiden valmistuksen ja sen ohjauksen automatisointia. Automatisointiastetta voidaan kasvattaa yhdistämällä yksittäiset CNC-työstökoneet laajemmaksi kokonaisuudeksi. Syntyneitä laajempaa kokonaisuutta ohjataan tietokoneiden avulla. Näin muodostunutta järjestelmää kutsutaan nimellä FMS eli joustava valmistusjärjestelmä, ja tällöin puhutaan käsitteestä FMS-teknologia. Konepaja-automaatiota voidaan jaotella monin eri tavoin, mutta alla olevassa kaaviossa näkyy yksi yleisimmistä käytetyistä tavoista. Siinä FMS-teknologia on rinnastettu muiden joustavan automaation osa-alueiden kanssa, mutta nämä muut osa-alueet voivat myös sisältyä FMS-teknologiaan. / 1 /



Kaavio 1 Konepaja-automaation jaottelu / 1 /

FMS-teknologian tasot / 1 /

FMS-teknologian järjestelmät ja koneet koostuvat CNC-työstökoneista, materiaalinkäsittelyjärjestelmistä ja -laitteista sekä tietojärjestelmistä. FMS-teknologian soveltaminen voidaan aloittaa pienestä, yhden työstökoneen yksiköstä ja laajentaa aina joustavaksi automaattiseksi tehtaaksi asti.

FMS-teknologian eritasoisia työstökonejärjestelmiä ovat:

- joustava automaattinen valmistusyksikkö eli FMU
- joustava automatisoitu valmistussolu eli FMC
- joustava transferlinja eli FTL
- joustava valmistusjärjestelmä eli FMS
- joustava automaattinen tehdas eli FMF.

6.1 Joustava automaattinen valmistusyksikkö eli FMU / 1 /

FMU on joustavan konepaja-automaation perusyksikkö. FMU on CNC-työstökone, joka on varustettu miehittämättömien käyttöjaksujen vaatimilla käyttölaitteilla. Miehittämättömät käyttöjaksot ovat mahdollisia seuraavin laittein:

CNC-sorvit

- automatisoitu työkappaleiden käsittely, esimerkiksi teollisuusrobotti, portaalipanostaja tai manipulaattori
- riittävän suuri työkappalevarasto
- riittävän monipaikkainen työkalurevolveri tai työkalumakasiini
- automaattinen työkalunvaihto
- varatyökalujärjestelmä
- mahdollisesti automaattinen sorvin leukojen vaihto
- tarpeelliset mittaus- ja valvontatoiminnot, esimerkiksi reaaliaikainen työstönvalvonta, adaptiivinen työstönvalvonta, työkalujen mittakompensointi, työkalun rikkovalvonta ja työkalun kestoajan valvonta.

CNC-koneistuskeskukset

- automatisoitu paletinvaihtojärjestelmä, esimerkiksi palettirata
- riittävän suuri työkappalevarasto
- riittävän monipaikkainen työkalumakasiini
- automaattinen työkalunvaihto
- varatyökalujärjestelmä
- tarpeelliset mittaus- ja valvontatoiminnot, esimerkiksi reaaliaikainen työstönvalvonta, adaptiivinen työstönvalvonta, työkalujen mittakompensointi, työkalun rikkovalvonta ja työkalun kestoajan valvonta.

Muita joustavan konepaja-automaation perusyksiköitä ovat esimerkiksi levytyökeskukset ja robottisolut.



Kuva 5 Robottisolu (Fastems) / 15 /

6.2 Joustava automatisoitu valmistussolu eli FMC / 2 /

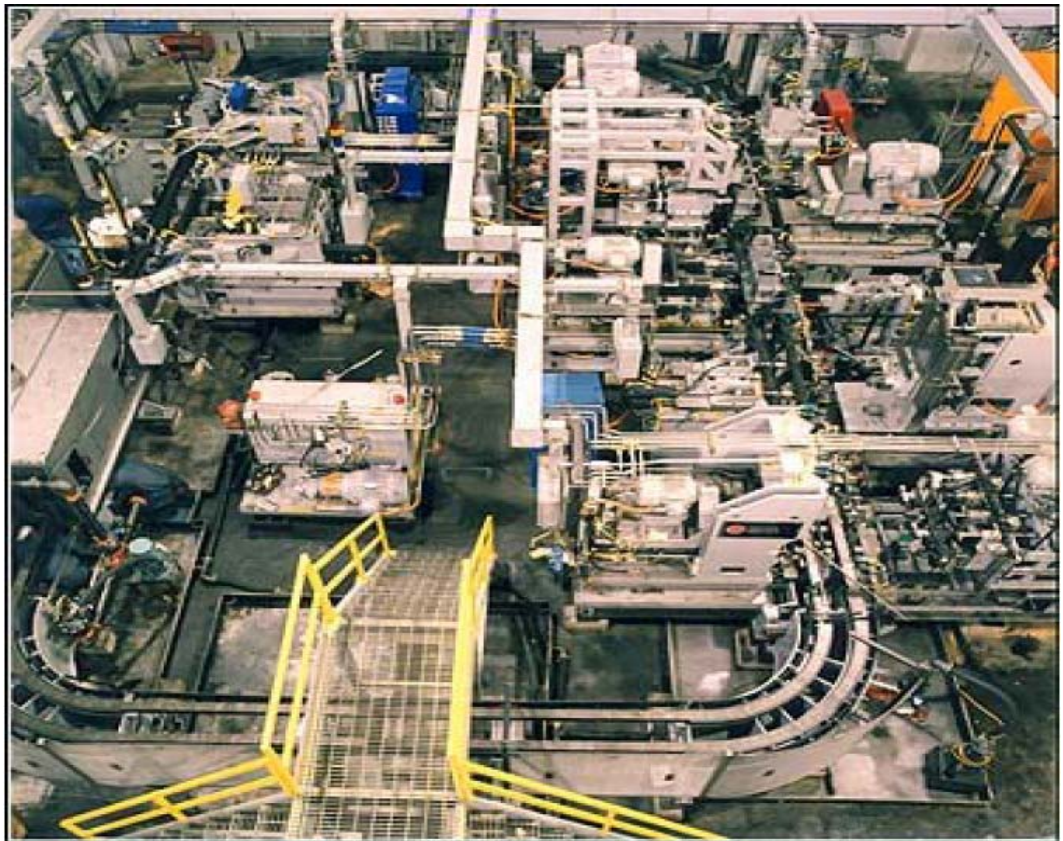
Joustava automatisoitu valmistussolu sijoittuu joustavan valmistusyksikön ja joustavan valmistusjärjestelmän väliin. Periaatteena on että FMC muodostuu kahden tai useamman koneen muodostamasta automaatioisolusta, jonka sisällä kappaleiden käsittelytehtävät on automatisoitu. Jos järjestelmässä tapahtuu siirtoja valmistusyksiköiden tai solujen välillä, tulisi jo puhua joustavasta valmistusjärjestelmästä. Esimerkkinä automatisoidusta valmistussolusta on kahden CNC-sorvin ja teollisuusrobotin yhdistelmä. Robotti lataa ja purkaa työkappaleita molempien sorvien välillä.



Kuva 6 Fastems RPC-20G, robotisoitu valmistussolu / 15 /

6.3 Joustava transferlinja eli FTL / 2 /

Joustava transferlinja koostuu useammasta automatisoidusta koneesta. Joustavassa transferlinjassa koneet on fyysisesti järjestetty peräkkäin, jolloin kaikkien kappaleiden työvaihejärjestys on sama. Työkappaleiden työstö transferlinjassa suoritetaan eri vaiheissa ja järjestelmän koneet ovat toisiaan täydentäviä, eivätkä näin ollen korvaa toisiaan. Koska työkappaleiden työvaiheet ovat peräkkäisiä, on koneajat ja siirrot koneiden välillä pyritty tahdistamaan. Pahimmassa tapauksessa häiriön sattuessa saattaa koko linja pysähtyä lyhyen ajan kuluessa. Häiriöiden vaikutusten minimoimiseksi saattaa järjestelmässä olla koneiden välillä pieniä työkappaleiden puskurivarastoja. Joustava transferlinja on taloudellinen vaihtoehto suurella tuotantovolyymilla, ja sen joustavuutta heikentää se, että koko linja on pysäytettävä asetusten vaihdon ajaksi. Tämä puolestaan rajoittaa erilaisten tuotteiden määrää verrattuna esimerkiksi joustavaan valmistusjärjestelmään.



Kuva 7 Joustava transferlinja / 10 /

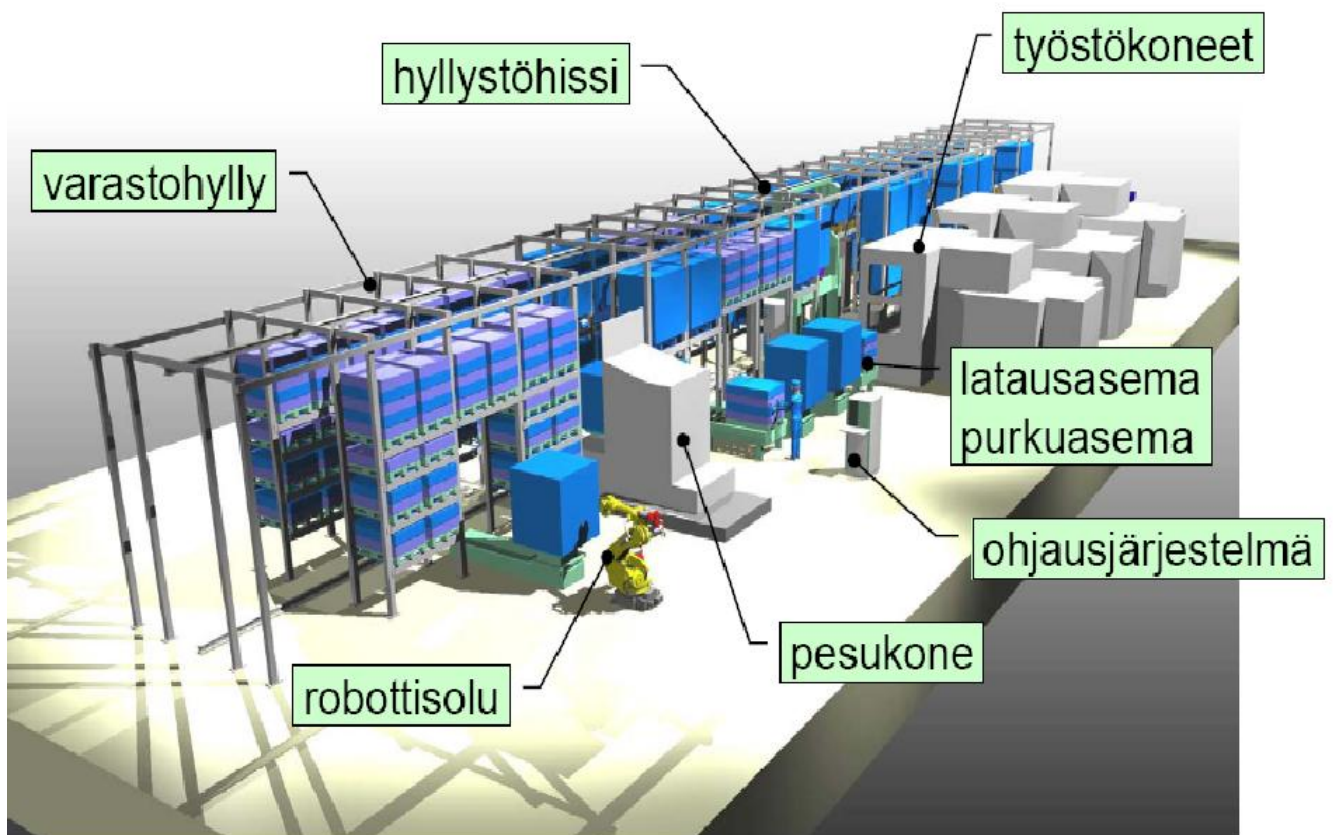
6.4 Joustava valmistusjärjestelmä eli FMS

Joustavia automaattisia tuotantoyksiköitä voidaan edelleen yhdistää, jolloin syntyy FMS eli FM-järjestelmä eli joustava automaattinen valmistusjärjestelmä. Syntynyt järjestelmä muodostuu kahdesta tai useammasta CNC-työstökoneesta, automaattisesta työkalujen käsittelystä ja automaattisesta materiaalinkäsittelystä. Järjestelmän materiaalinhallinta perustuu automaattiseen varastointi- ja kuljetusjärjestelmään, joka sitoo muun järjestelmän yhdeksi kokonaisuudeksi. Varsinaisten mekaanisten järjestelmien lisäksi FM-järjestelmään kuuluvat olennaisena osana tiedonhallinnan järjestelmät, jotka mahdollistavat automaation, tuotannonhallinnan ja järjestelmän ohjauksen. Koneet voivat olla joko toisensa korvaavia ja/tai toisiaan täydentäviä ja niitä käytetään yhtenä yksikkönä. / 1, 2 /

FMS-teknologian tunnusomaisia piirteitä / 1, 2 /

- FM-järjestelmä kykenee ylläpitämään keskeytymätöntä tuotantoa joko rajoitetulla miehistöllä ja vähäisellä valvonnalla tai täysin miehittämättömänä ja ilman ihmisen valvontaa huomattavan osan toiminta-ajastaan.
- Työkalujen ja työkappaleiden käsittely sekä kuljetukset ovat FM-järjestelmässä automatisoituja, samoin työstön, työstökoneiden ja koko järjestelmän seuranta ja valvonta.
- FM-järjestelmässä voi olla sen laajuudesta riippuen jopa kymmeniä yksittäisiä työstökoneita.
- FM-järjestelmän työkappalevalikoimassa voi olla muutama erilainen työkappale tai useita satoja erilaisia työkappaleita. Näiden työkappaleiden valmistusmäärät voivat poiketa hyvinkin paljon toisistaan.
- Useimmissa FM-järjestelmissä työkappaleiden reitti on vapaa ja kappaleet voivat liikkua järjestelmässä valinnaisesti järjestelmän ohjauksen avulla. Järjestelmässä työvaiheiden järjestys on valinnainen tai järjestelmässä on toisensa korvaavia työstökoneita.

- FM-järjestelmän työkappalevalikoimaan voidaan lisätä uusia työkappaleita ilman, että ne aiheuttavat asetus- tai muita ongelmia. Työkappalevalikoima voi muuttua jatkuvasti eli vanhojen työkappaleiden rinnalle tulee uusia, ja tuotannosta poistuu työkappaleita joiden valmistus lopetetaan.
- FM-järjestelmä pystyy henkilöstön osalta tietyin rajoituksin mukautumaan markkinoilla tapahtuviin muutoksiin. Tilauskannan vähentyessä miehittämätöntä tuotantoa voidaan vähentää ja tilauskannan kasvaessa taas lisätä.
- FM-järjestelmä voidaan suunnitella niin, että sitä voidaan myöhemmin tarpeen vaatiessa laajentaa, eli siihen voidaan lisätä työstökoneita ja hyllystöpaikkoja. Järjestelmän koneita ja laitteita tulee myös pystyä käyttämään yksittäin.
- FM-järjestelmässä yksittäisen työstökoneen tahti ei riipu muista koneista, työstöohjelmat voivat sijaita joko hajautetusti työstökoneilla tai keskitetysti DNC-tietokoneella ja FM-järjestelmä on liitettävissä yrityksen tiedon- ja tuotannonhallintajärjestelmään.



Kuva 8 FM-järjestelmä (Fastems) / 9 /

FM-järjestelmän toiminnallisia periaatteita / 3, 4 /

Yleensä FM-järjestelmä rakennetaan tietyn osaperheen valmistamiseksi. Jos-
sain tapauksissa on mukana myös kokoonpanon materiaaliarpeet. Tällöin FM-
järjestelmä on varustettu hyllystöhissillä ja materiaaliasemilla.

- Työkappaleiden valmistamiseksi vaadittavat työstökoneet käyvät omaan tahtiinsa tarvittavien NC-ohjelmien ohjaamina ja valmistuksenhallintajärjestelmä ohjaa automaattisesti työkappaleiden kulkua järjestelmässä.
- Yleisesti työkappale vaihdetaan konepalettiin manuaalisesti, etenkin ras-
kaammat kappaleet.
- Riittävä konepalettipaikkojen määrä tai automaattinen kappaleiden kiinni-
tys luovat edellytykset miehittämättömään tuotantoon. Tavoitteeksi voidaan
asettaa esimerkiksi 8 - 16 tunnin miehittämätön jakso.
- Kiinnittimien vaihdot voidaan suorittaa latausasemassa koneiden käydessä,
joten asetusten muuttaminen ei keskeytä tuotantoa.
- Työstökoneilla on riittävästi työkalupaikkoja työkalumakasiinissa, jotta eri
työkappaleiden vaatimat työkalut löytyvät valmiina koneelta. Myös työka-
lujen keskusvarastointijärjestelmä on mahdollinen.
- Työstökoneiden varustukseen kuuluvat miehittämättömän tuotannon edel-
lyttämät työstönvalvontajärjestelmät.
- Konepalettien valmistustiedot ja työkalujen asetusmitat voivat kulkea nii-
den mukana saattomuistien tai koodinkantajien avulla.
- NC-ohjelmat voivat olla joko DNC-tietokoneen muistissa keskitetysti ja/tai
työstökoneiden muistissa hajautetusti.
- Työkappaleiden erä koko voi olla yksi. Työkappaleille tehtyjen tilauksien
edellyttämät toimitusaikavaatimukset voidaan huomioida työjonoa muo-
dostettaessa ja työkappaleiden valmistusreittejä järjestettäessä.
- FM-järjestelmää ohjataan tietokoneella ja/tai ohjelmoitavilla logiikoilla.
- FM-järjestelmään kytketyillä työstökoneilla on miehittämättömään tuotan-
toon riittävät yksittäiset leikkuunestejärjestelmät, tai niillä on yhteinen kes-
kitetty leikkuunestejärjestelmä.

FM-järjestelmien luokittelutapoja / 2 /

Luokittelu tuotteiden vaihtuvuuden mukaan

- 1) *Tietyn tuotteen tai sen osien valmistamiseksi suunnitellut FM-järjestelmät.* Tuotteesta voi olla useita eri variaatioita, ja käytettävät koneet ovat usein erikoistyöstökoneita, joiden ominaisuudet ovat erityisen hyvin soveltuvia valmistettavalle tuotteelle. Järjestelmä koostuu jäykähköistä automaatiosovelluksista. Koneet on voitu järjestää työvaihejärjestykseltään kiinteäksi järjestelmäksi, jolloin järjestelmä muistuttaa monilta osin joustavaa transferlinjaa. Tälle FM-järjestelmälle on tyypillistä eri tuotetyyppien suuret valmistusmäärät ja valmistuserien suurehko koot.
- 2) *Yhteen ryhmäteknologiseen tuoteryhmään kuuluvien tuotteiden tai niiden osien valmistamiseen suunnitellut FM-järjestelmät.* Järjestelmä pystyy tuoteryhmänsä puitteissa valmistamaan tuotteita haluttuja määriä halutussa järjestyksessä ilman, että työkappale-erän vaihdosta aiheutuu huomattavaa käyttösuhteen alenemista. Työkappaleiden pienet eräkoot on kompensoitu suurella tehtävien toistuvuudella.
- 3) *Alihankintatyyppiseen valmistukseen suunnitellut FM-järjestelmät.* Pitkällä aikajänteellä tuotteet ja tuoteryhmät voivat muuttua ja työkappaleet vaihtua, joten järjestelmän toteuttaminen vaatii monipuolisempien koneiden käyttöä. Järjestelmän koneiden pitää pystyä suoriutumaan monipuolisista tehtävistä, ja järjestelmä saattaa kokea elinaikanaan useita konevaihdoksia ja modernisointeja.
- 4) *Aidon yksittäisvalmistuksen FM-järjestelmät. Prototyyppien ja työkalujen valmistuksessa käytetyt järjestelmät sekä tutkimuskäyttöön rakennetut FM-järjestelmät.* Näissä järjestelmissä ollaan yleensä tekemisissä testien ja koneiden kanssa, ja jokainen toteutettu tehtävä voi olla ainutlaatuinen. Koska näistä järjestelmistä saatuja tuloksia käytetään varsinaisten tuotantojärjestelmien kehittämisessä, on ohjausjärjestelmään ja tiedonkeruuseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Näillä järjestelmillä ei yleensä ole vastaavaa takaisinmaksuvelvoitetta kuin tuotantokäytössä olevilla FM-järjestelmillä.

Luokittelu kappaleiden kuljetus- ja käsittelytavan mukaan

1) *Kappaleiden kuljetus kiinnitettyinä.* Kappaleet ovat yleensä kotelomaisia ja prismaattisia. Tämän tyyppisessä FM-järjestelmässä ei yleensä ole käytössä automatisoitua kappaleenkäsittelyä. Työkappaleiden käsittelyvaiheista suurin osa tehdään manuaalisesti järjestelmän käyttäjien toimesta. Järjestelmätyypin kappaleenkäsittelyvaiheet ovat:

a) Manuaaliset vaiheet

- erottelu
- asennointi
- sovitus ja kiinnitys
- siirto palettivarastoon,

b) Automaattiset vaiheet

- siirto palettivarastosta työstökoneelle
- koneistus
- siirto työstökoneelta palettivarastoon,

c) Manuaaliset vaiheet

- irrotus
- poisto paletilta.

2) *Kappaleiden kuljetus kiinnittämättöminä.* Kappaleet ovat tavallisesti pyörähäydyskappaleita ja ne on aseteltu kuljetusalustalle siten, että ne pysyvät paikoittuneina oman painonsa ja kohdistuselementtien avulla. Kappaleiden siirtoon koneistukseen ja koneistuksesta pois käytetään automaattisia kappaleenkäsittelijöitä. Tällöin valmistuksenhallinnan tietovirta sisältää myös automaattisten kappaleenkäsittelijöiden ohjelmat. Järjestelmätyypin työkappaleiden käsittelyvaiheet ovat:

a) Manuaaliset vaiheet

- erottelu
- asennointi
- siirto kuljetusalustalle tai makasiiniin,

b) Automaattiset vaiheet

- siirto kuljetusalustalta tai makasiinista työstökoneelle
- sovitus ja kiinnitys
- koneistus
- irrotus
- siirto työstökoneelta kuljetusalustalle tai makasiiniin,

c) Manuaalinen vaihe

- poisto kuljetusalustalta tai makasiinista.

Luokittelu työvaiheketjujen tyypin mukaan

FM-järjestelmän työstökoneet voidaan valita useaa eri strategiaa noudattaen tuotannon tyypin mukaan. Jos yrityksellä on tarve suurelle määrälle tietyn tyypistä kapasiteettia, on sen järkevää investoida samanlaisiin työstökoneisiin, koska tämä yksinkertaistaa kunnossapitoa ja käyttäjien koulutusta. Jos valmistettavat kappaleet ovat monimutkaisia, eroavat suuresti toisistaan ja niiden tuotantomäärät ovat alhaisia, on yrityksen hankittava erilaisia työstökoneita kullekin työvaiheelle. Koska käytännössä tilanne on näiden kahden ääripään välillä, voidaan järjestelmät jakaa kolmeen ryhmään:

- 1) *Toisiaan täydentävien työvaiheiden FM-järjestelmät.* Järjestelmä koostuu erilaisista työstökoneista ja tuotteet valmistetaan yhtenä tai useampana työvaiheena, joilla on yleensä tietty työjärjestys. Häiriö tai vikaantuminen yhdessä työstökoneessa vaikuttaa todennäköisesti myös seuraavien työvaiheiden ja työstökoneiden käyttösuhteisiin.
- 2) *Toisiaan korvaavien työvaiheiden FM-järjestelmät.* Järjestelmä on tarkoitettu suuremmille valmistusmäärille ja koostuu työstökoneista, jotka kykenevät samoihin työvaiheisiin. Yhden työstökoneen vikaantuessa voidaan sillä suoritettavat tehtävät ohjata muille koneille ja järjestelmän tuotantokyky laskee vain yhden koneen verran.
- 3) *Yhdistelmäjärjestelmät.* Näissä FM-järjestelmissä käytetään sekä toisiaan täydentäviä että toisensa korvaavia työstökoneita.

6.5 Joustava automatisoitu tehdas eli FMF / 1, 2 /

Joustava automatisoitu tehdas rakentuu FMS-teknologian eri konejärjestelmistä ja siihen liittyy usein myös automaattinen kokoonpano eli FAS. Joustavat automatisoidut tehtaot muodostavat joustavan automaation ylimmän tason. Nämä tehtaot eivät ole täysin automaattisia, vaan niissä on järkevissä rajoissa kerätty yrityksen informaatio- ja materiaalivirrat integroidun tiedonkäsittelyjärjestelmän alaisuuteen. Näissä tehtaissa käytetään nykyaikaisia automaatio- ja valmistustekniikoita, mutta niitä ohjaavat ja valvovat ihmiset. Näissä tehtaissa käytetään mahdollisimman paljon miehittämätöntä tuotantoa suurien kokonaisinvestointien takia.

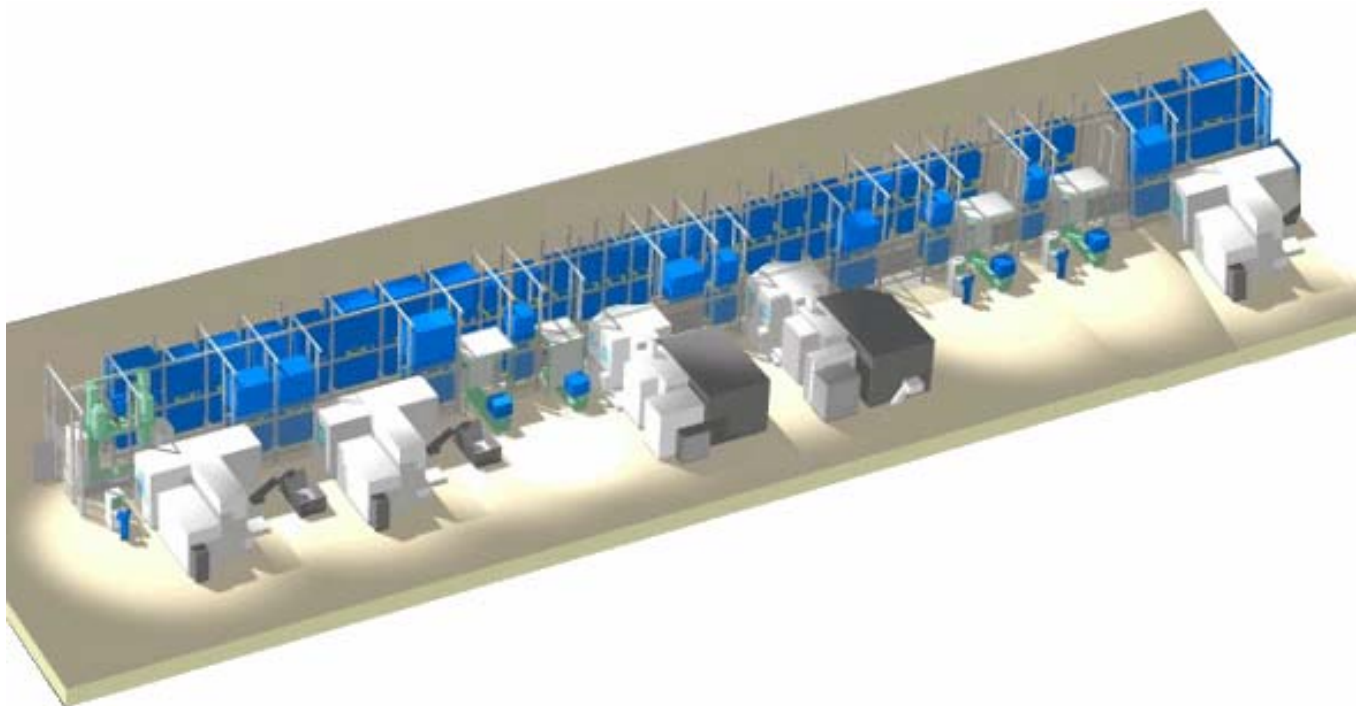


Kuva 9 Joustava automatisoitu autotehdas (Valmet Automotive Oy) / 17 /

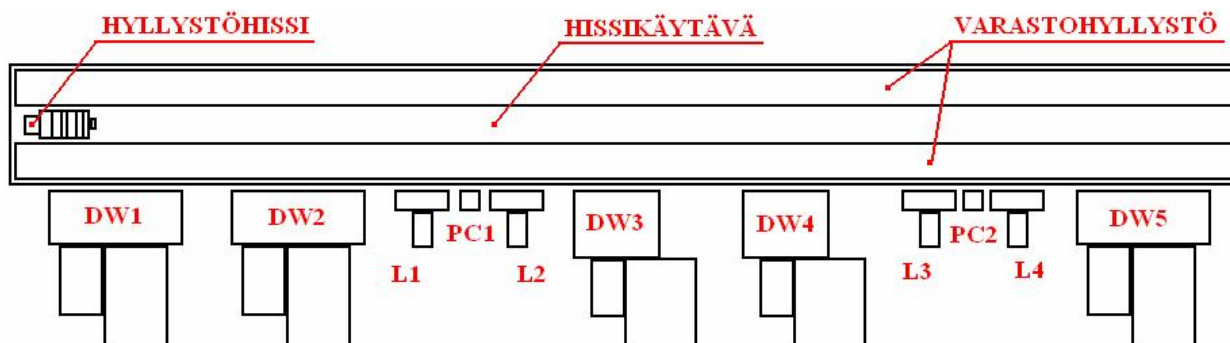
7 FM-JÄRJESTELMÄ HERVANNAN KONEISTUS OY

FM-järjestelmän perustiedot

- pystytetty 1998 ja laajennettu vuosina 2000, 2002 ja 2006
- kokonaispituus on 66 m ja korkeus 5,6 m
- järjestelmän on toimittanut Fastems Oy
- järjestelmään on kytketty 5 vaakakaraista Daewoo -koneistuskeskusta
- järjestelmään kuuluu 4 lataus- ja purkuasemaa ja 2 MMS-tietokonetta
- varastohyllystö Fastems MLS, järjestelmässä on 93 konepalettipaikkaa, palettien koot 1250 x 1000 mm, 1000 x 1000 mm ja 800 x 800 mm
- työkappaleen maksimikoko 1600 x 1200 mm / 3500 kg
- koneistuskeskukset varustettu Absolent emulsio- ja öljysumerottimilla
- valmistuksenhallintajärjestelmänä Fastems MMS
- kaikki koneistuskeskukset varustettu työstönvalvontajärjestelmillä
- koneistuskeskuksissa itsenäiset leikkuuneste- ja lastunpoistojärjestelmät
- kahdessa uusimmassa koneistuskeskuksessa on työkalumakasiineina Fastems RTS-165-solut varustettuna Fanuc R-2000iA -teollisuusroboteilla.



Kuva 10 FM-järjestelmä Hervannan Koneistus Oy (Fastems)



Kuva 11 FM-järjestelmän pohjapiirros Hervannan Koneistus Oy

7.1 FM-järjestelmän osat

DW1

- vaakakarainen koneistuskeskus Daewoo ACE-H100 vm. 1997
- ohjaus Fanuc 16M
- 4-akselinen, B-akseli indeksoinnilla yhden asteen välein
- palettikoot 1250 x 1000 mm ja 1000 x 1000 mm
- 120-paikkainen ketjutyypinen työkalumakasiini
- Daewoo Tool Monitor -työstönvalvonta (karatehon valvonta ja työkalun pituusmitta-rikkotarkistus).

DW2

- vaakakarainen koneistuskeskus Daewoo ACE-H100 vm. 1996
- ohjaus Fanuc 0M
- 4-akselinen, B-akseli indeksoinnilla yhden asteen välein
- palettikoot 1250 x 1000 mm ja 1000 x 1000 mm
- 60-paikkainen ketjutyypinen työkalumakasiini
- Daewoo Tool Monitor -työstönvalvonta (karatehon valvonta ja työkalun pituusmitta-rikkotarkistus).

DW3

- vaakakarainen koneistuskeskus Daewoo ACE-H800 vm. 2000
- ohjaus Fanuc 16M
- 4-akselinen, B-akseli indeksoinnilla yhden asteen välein
- palettikoko 800 x 800 mm
- 240-paikkainen ketjutyypinen työkalumakasiini
- Daewoo Tool Monitor -työstönvalvonta (karatehon valvonta, työkalun pituusmitta-rikkotarkistus, työkalun kestoajan määrittäminen ja varatyökalujärjestelmä).

DW4 (Hervannan Koneistuksen sisäisessä konenumeroinnissa DW5)

- vaakakarainen koneistuskeskus Daewoo ACE-HM800 vm. 2002
- ohjaus Fanuc 16iM
- 4-akselinen, B-akseli indeksoinnilla yhden asteen välein
- palettikoko 800 x 800 mm
- 256-paikkainen Fastems RTS-työkalumakasiini, ohjaus Fanuc R-J3i
- Brankamp -työstönvalvonta (karatehon valvonta, X-, Y- ja Z-akselien tehonvalvonta ja työkalun pituusmitta-rikkotarkistus, työkalun kestoajan määrittäminen, varatyökalujärjestelmä).

DW5 (Hervannan Koneistuksen sisäisessä konenumeroinnissa DW6)

- vaakakarainen koneistuskeskus Daewoo ACE-H100 vm. 2006
- ohjaus Fanuc 18iMB
- 4-akselinen, B-akseli indeksoinnilla yhden asteen välein
- palettikoot 1250 x 1000mm ja 1000 x 1000 mm
- 336-paikkainen Fastems RTS-työkalumakasiini, ohjaus Fanuc R-J3iB
- Brankamp -työstönvalvonta (karatehon valvonta, X-, Y- ja Z-akselien tehonvalvonta ja työkalun pituusmitta-rikkotarkistus, työkalun kestoajan määrittäminen, varatyökalujärjestelmä).

L1, L2, L3 ja L4

- latausasemat 1, 3 ja 4 palettikoot 1250 x 1000 mm, 1000 x 1000 mm ja 800 x 800 mm
- latausasema 2 palettikoot 1250 x 1000 mm, 1000 x 1000 mm ja 800 x 800 mm, käsiteltävän työkappaleen koko pienempi kuin muissa latausasemissa
- paletin pyöritys 360 astetta.

PC1 ja PC2

- Windows-pohjaiset MMS-tietokoneet järjestelmän ohjaukseen.

HYLLYSTÖHISSI

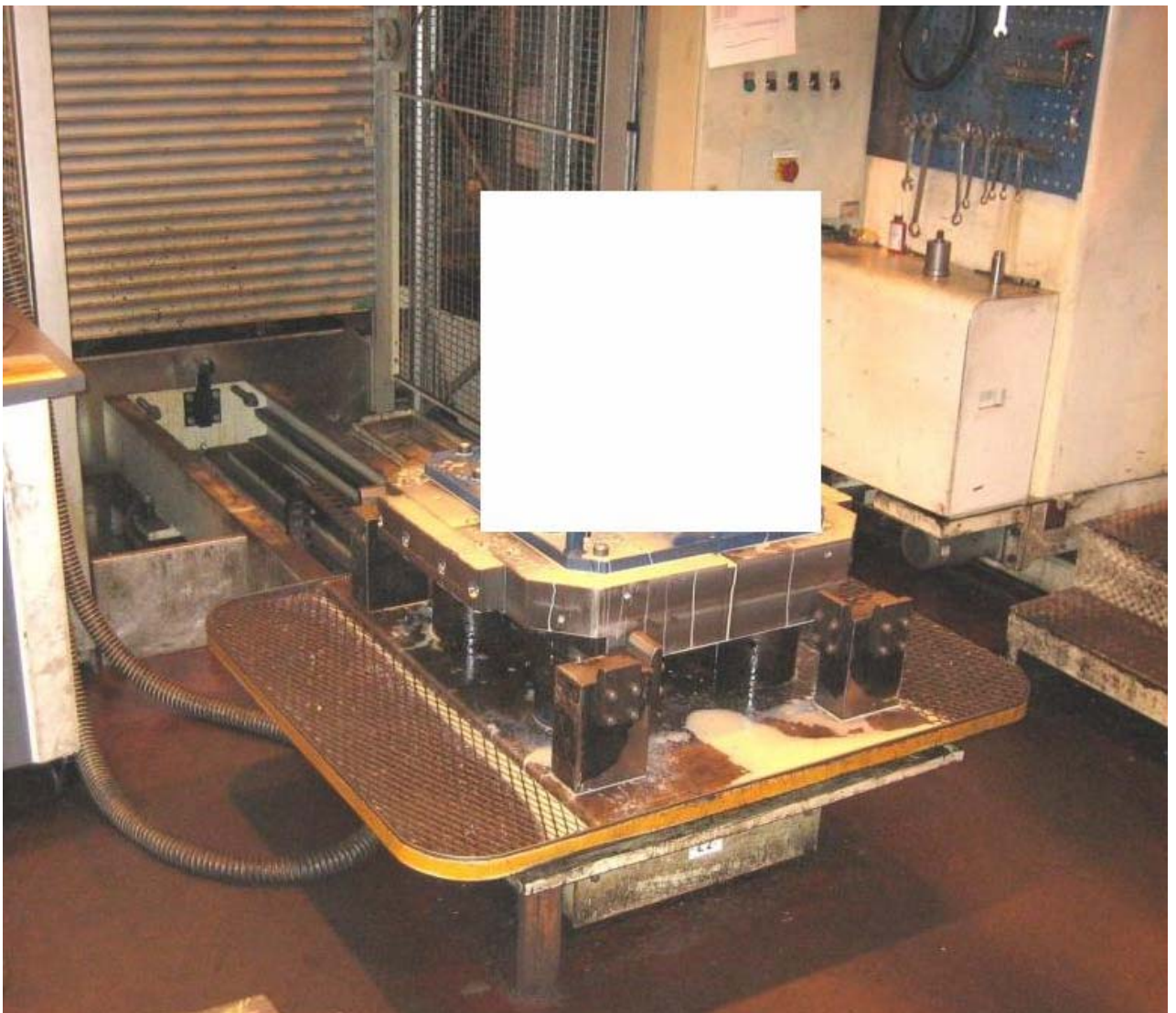
- Fastems DMC-HD, 3-akselinen
- haarukointi kahteen suuntaan
- kuormankantokyky 3500 kg
- palettikoot 1250 x 1000 mm, 1000 x 1000 mm ja 800 x 800 mm.

VARASTOHYLLYSTÖ

- 93 konepalettipaikkaa
- pituus 66 m ja korkeus 5,6 m, palettipaikat hissikäytävän molemmin puolin kahdessa kerroksessa
- maksimi työkappaleen koko 1600 x 1200 mm / 3500 kg
- eri nimikkeitä 62 kpl, joista noin 30 päivittäisessä tuotannossa
- tietyillä nimikkeillä useampia vastaavia kiinnittimiä.

7.2 FM-järjestelmän osien tehtävät

Latausasemat on tarkoitettu konepalettien käsittelyyn. Latausasemassa paletteihin kiinnitetään valmistettavat työkappaleet ja irrotetaan valmistuneet kappaleet. Paletteja voidaan tilata latausasemaan ja lähettää latausasemasta joko suoraan koneistuskeskuksille tai varastoon. MMS-ohjelmistolla luodaan paletteille valmistusreitit, joiden mukaan paletit liikkuvat järjestelmässä. Latausasemilla on pyörivät palettipyödyt ja valuma-altaat leikkuunesteelle.



Kuva 12 Latausasema Hervannan Koneistus Oy (Fastems)

Koneistuskeskukset toimivat järjestelmän MMS-ohjelmiston ohjaamina. Järjestelmän käyttäjän ei tarvitse käynnistää työstöohjelmia koneistuskeskuksilla käsin eikä työskennellä samassa tahdissa koneistuskeskusten paletinvaihtajien kanssa. Konepaletit puskuroidaan varastoon, ja järjestelmä lähettää ne automaattisesti koneistuskeskukselle koneen vapautuessa.



Kuva 13 Koneistuskeskukset Daewoo ACE-H100 ja Daewoo ACE-HM800

Varastohyllystö on järjestelmän suurin yksittäinen osa. Se toimii konepalettien puskurivarastona latausasemien ja koneistuskeskusten välillä. Se on myös järjestelmän runko, kaikki järjestelmän osat on kiinnitetty siihen.



Kuva 14 Varastohyllystö Fastems MLS Hervannan Koneistus Oy

Hyllystöhissi liikkuu kiskoja pitkin varastohyllyjen välissä. Se siirtää konepalletteja latausasemien, varastopaikkojen ja koneistuskeskusten välillä. Hyllystöhissiä ohjataan MMS-ohjelmistolla.

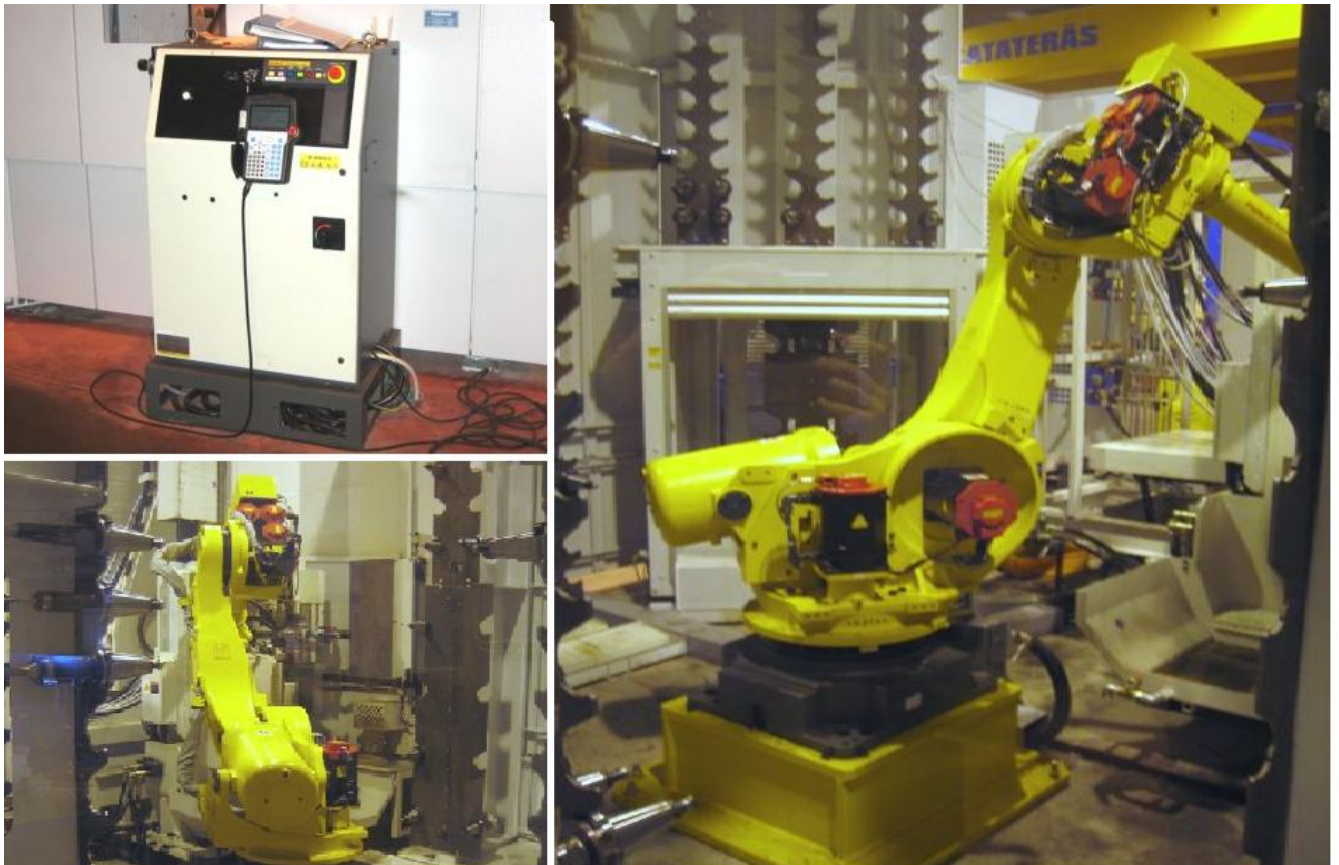


Kuva 15 Hyllystöhissi Fastems DMC-HD / 15 /

MMS-ohjelmisto huolehtii kaikista järjestelmän automaattisista ja käyttäjien määrittelemistä tehtävistä. Se muistaa jokaisen paletin ja nimikkeen sijainnin, sekä tietää, minne ne ovat menossa. MMS-ohjelmisto valvoo kaikkia järjestelmän antureita ja valokennoja, koneistuskeskuksia, hyllystöhissiä ja muita järjestelmän osia. Siinä on graafiset käyttöliittymät, joiden avulla järjestelmän käyttäjät voivat hallita ja ohjata järjestelmän toimintaa.

Fastems RTS-työkalumakasiini

Fastemssin robotisoitu työkalumakasiini korvaa koneistuskeskuksen alkuperäisen ketjutyypin työkalumakasiinin. RTS-työkalumakasiini mahdollistaa suuren määrän työkalupaikkoja sekä pienen ”lastusta lastuun” -ajan. Työkalumakasiinin työkalujen määrää rajoittavat lähinnä robotin ulottuvuus sekä koneistuskeskuksen ohjauksen ominaisuudet. Robotti siirtää työkaluja niiden varastopaikkojen ja koneistuskeskuksen työkalunvaihtajan välillä sekä työkalun huoltopisteenä toimivan työkalukärryn välillä. Robotisoidun työkalumakasiinin etuja verrattuna perinteiseen ketjutyypin työkalumakasiiniin ovat suurempi työkalupaikkojen lukumäärä, nopeus sekä vähäisemmät mekaanisesta kulumisesta aiheutuvat häiriöt.

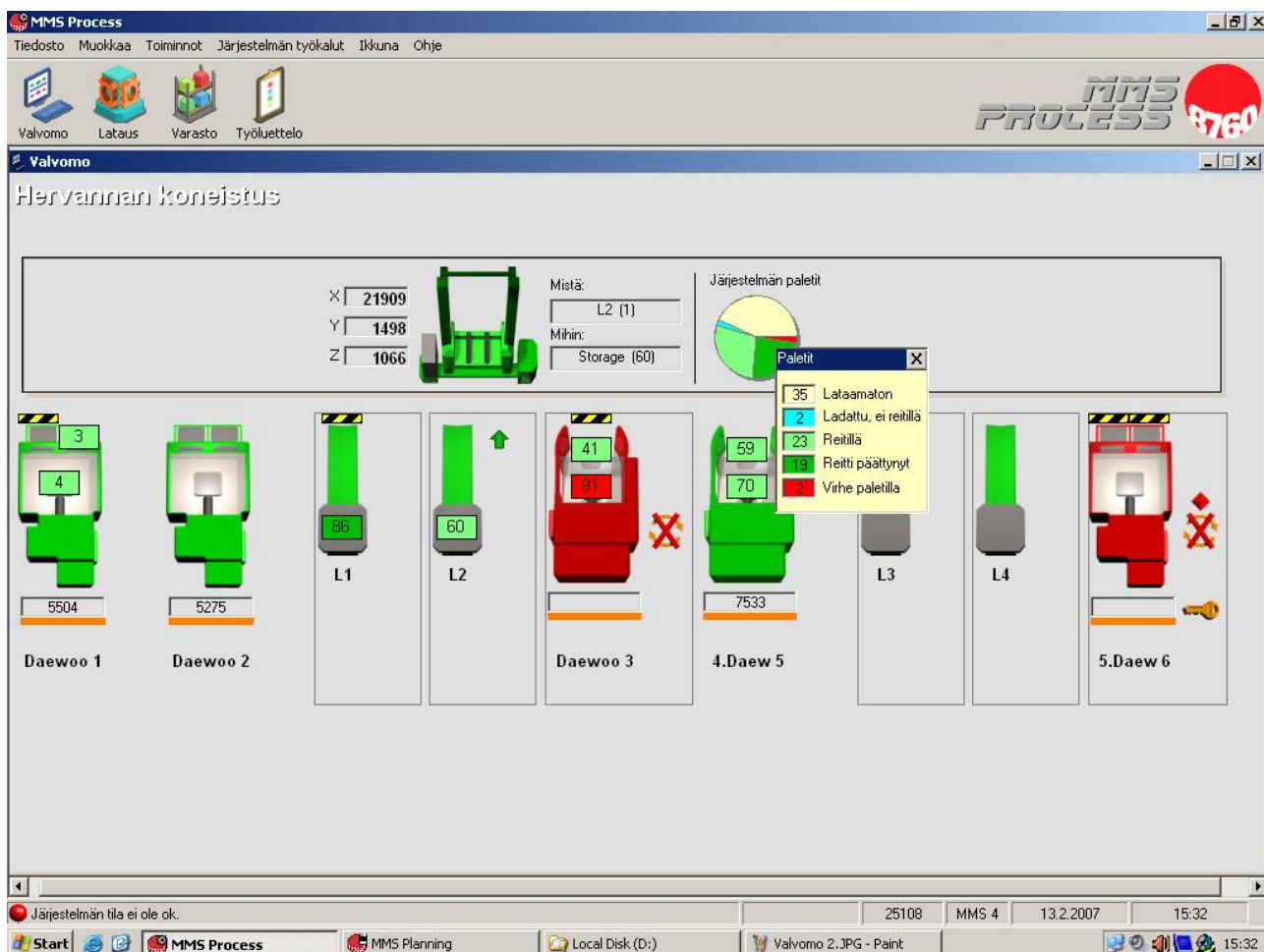


Kuva 16 Fastems RTS-työkalumakasiini Hervannan Koneistus Oy

7.3 Fastems MMS / 11 /

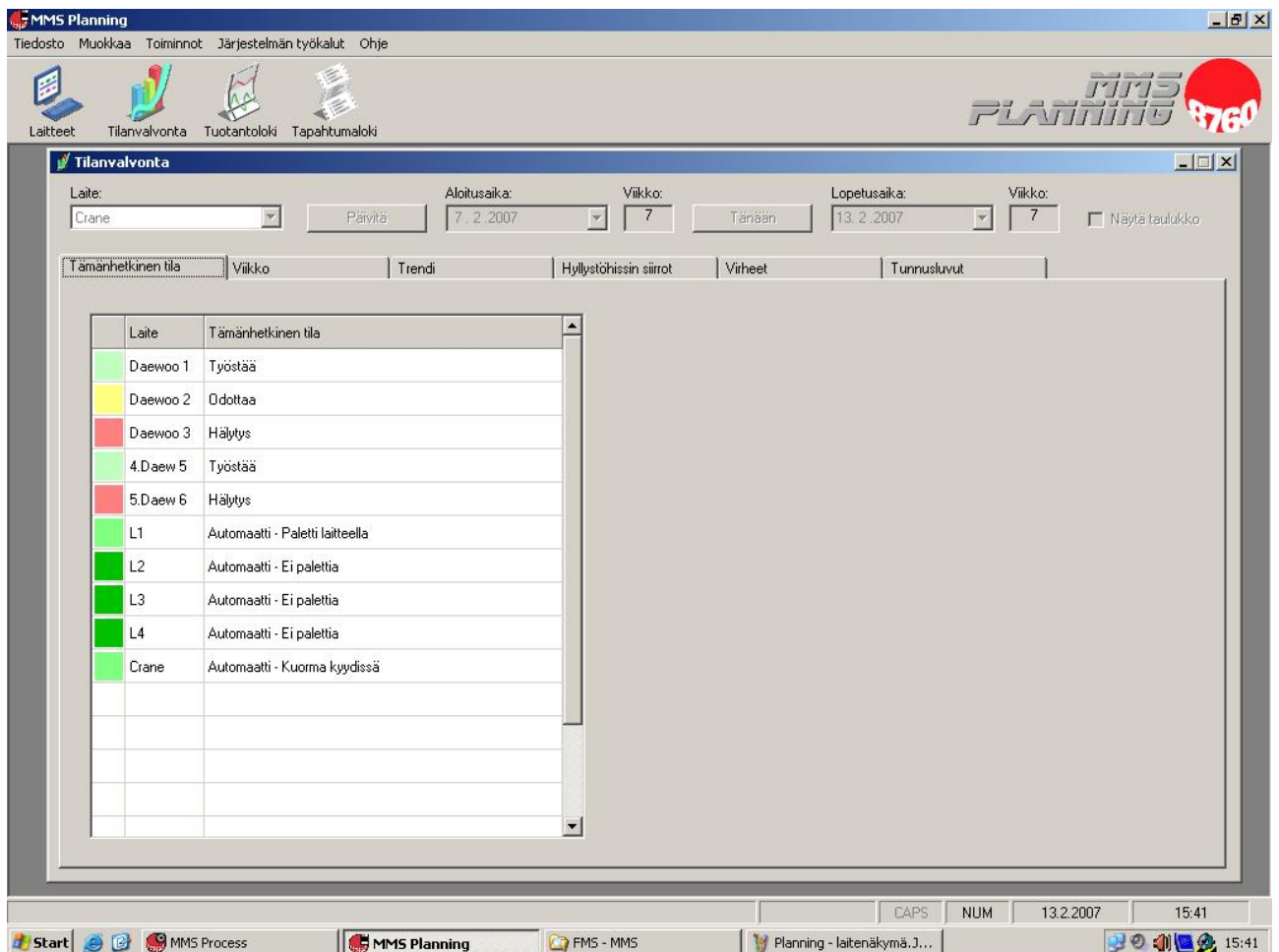
Hervannan Koneistukselle räätälöityyn Fastems MMS-ohjelmistoon sisältyy kaksi sovellusta, MMS Process ja MMS Planning. Nämä kaksi sovellusta ovat tavallisia Windows-ohjelmia, ja niiden useimpia toimintoja voidaan ohjata hiirellä. Näppäimistöä tarvitaan ainoastaan tietojen syöttämiseen.

MMS Process-ohjelma on järjestelmän kaikkien laitteiden ohjauksessa käytettävä käyttöliittymä. Järjestelmä pohjapiirros näkyy *Valvomo*-ikkunassa. Pohjapiirroksessa järjestelmän laitteiden tila esitetään värein ja symbolein. Tästä ikkunasta on helppo tarkistaa koko järjestelmän tila.



Kuva 17 MMS Process Valvomo-ikkuna Hervannan Koneistus Oy

MMS Planning-ohjelma on perustietojen syöttämiseen ja niiden hallintaan tarkoitettu käyttöliittymä. Perustietoihin kuuluvat valmistusreitit, NC-ohjelmat, kiinnittimet ja toimintaketjut. Ohjelmassa on myös pieni ikkuna, jossa näytetään järjestelmän yleinen tila. Ohjelmaa ei voi kuitenkaan käyttää järjestelmän-laitteiden ohjaamiseen. MMS Planning-ohjelma sisältää myös työkalut käytösuhde- ja suoritusraporttien tekemiseen. Järjestelmän käyttäjä voi etsiä tietoja ja suorittaa kyselyjä yksityiskohtaisesta tapahtumatietokannasta, jota MMS tallentaa jatkuvasti. Lisäksi järjestelmän käyttäjän on mahdollista tehdä monenlaisia tuotantoraportteja.



Kuva 18 MMS Planning Tilanvalvonta-ikkuna Hervannan Koneistus Oy

8 FM-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteet YLEISTÄ

Tämän tutkintotyön tavoitteena oli tuoda esiin Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään liittyviä kehityskohteita. Tarkoituksena oli eritellä kehityskohteet itsenäisiksi kokonaisuuksiksi, analysoida kohteiden nykytilaa sekä tuoda esiin kohteisiin liittyvää teoriaa. Kehityskohteita ei ollut tässä tutkintotyössä mahdollista lähteä tutkimaan erityisen syvällisesti, vaan päämääränä oli tuoda esiin epäkohtia ja huomioita näistä kehityskohteista. Tämän tutkintotyön ideana olikin toimia alkuunpanijana FM-järjestelmän tehokkuuden parantamisessa ja siihen liittyvien epäkohtien korjaamisessa.

FM-järjestelmiä on olemassa lukuisia erilaisia ja niiden pääpiirteet määräytyvät niillä valmistettavien tuotteiden mukaan. Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmää luokiteltaessa tuotteiden vaihtuvuuden mukaan (s. 21), asettuu se kategorioiden ”*Alihankintatyyppiseen valmistukseen suunnitellut FM-järjestelmät*” ja ”*Yhteen ryhmäteknologiseen tuoteryhmään kuuluvien tuotteiden tai niiden osien valmistamiseen suunnitellut FM-järjestelmät*” väliin. Luokiteltaessa sitä kappaleiden kuljetus- ja käsittelytavan mukaan (s. 22) se asettuu kategoriaan ”*Kappaleiden kuljetus kiinnitettyinä*”. Luokiteltaessa työvaiheketjujen tyyppin mukaan (s. 23) se asettuu kategoriaan ”*Toisiaan korvaavien työvaiheiden FM-järjestelmät*”. FM-järjestelmän luokittelun perusteella määräytyy se minkä tyyppisestä järjestelmästä on kyse ja mitkä ovat sen tärkeimmät ominaisuudet ja osa-alueet. Tällä luokittelulla on merkitystä myös FM-järjestelmän kehityskohteita selvittäessä, jolloin voidaan tarkastella täyttääkö kyseinen FM-järjestelmä sille asetettuja vaatimuksia sillä valmistettavien tuotteiden puolesta.

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän tärkeimmiksi kehityskohteiksi nousivat jo aikaisemminkin mainitut miehittämätön tuotanto, FM-järjestelmän ja koneiden käyttösuhte, FM-järjestelmän kunnossapito ja henkilöstö.

Yleisiä keinoja FM-järjestelmän käytön tehokkuuden parantamiseksi

Tuotannon valvonta ja seuraaminen

- järjestelmän ja koneiden käytettävyyden ja käyttösuhteen seuranta
- kunnonvalvontatietojen keruu
- työntutkimukset (menetelmätutkimukset, menetelmäsuunnittelu, työaika-
tutkimukset, käytettävyy- ja käyttösuhdetutkimukset)

Organisatoristen häiriöiden vähentäminen

- tiedotus, koulutus ja asennekasvatus
- tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen tehostaminen

Teknisten häiriöiden vähentäminen

- kunnossapidon kehittäminen ja tehostaminen
- järjestelmän ja koneiden modernisointi, peruskorjaus, parantaminen sekä
uusiminen
- järjestelmän kunnonseuranta

Käsiajan lyhentäminen

- automaattinen työkappaleen vaihto
- varatyökalujärjestelmä
- automaattinen työkappaleen mittaus
- mittasäätö
- kiinnittimien ja kiinnitystapojen yksinkertaistaminen
- työkappaleiden työvarojen optimointi
- mittausten mahdollistaminen työkappaleen ollessa kiinnitettynä
- piirustusten selkeys ja helppolukuisuus
- työkappaleiden järkevät toleranssit
- terähuollon optimointi
- materiaalivirtojen hallinta ja tehostaminen

Valmisteluajan lyhentäminen

- kiinnittimien ja työkappaleiden kehittäminen
- riittävän kokoinen konepalettivarasto
- riittävä määrä kiinnittimiä
- useille työkappaleille soveltuvat joustavat kiinnittimet
- DNC, tietokoneavusteinen ohjelmointi ja testaus (CAM)
- saattomuistit

Apuajan ja taukoajan lyhentäminen

- palkkiopalkkaus, suorituspalkkaus, motivointi
- riittävän kokoinen työkalumakasiini ja työkappalevarasto
- miehittämätön tuotanto
- apuaikojen ja taukoaikojen vuorottaminen
- työtehtävien kierrätys

Koneaikojen lyhentäminen

- lastuamisarvojen optimointi
- liikeratojen optimointi
- työkalujen käytön optimointi
- CAM
- terämateriaalien optimointi
- erikois- ja yhdistelmätyökalut
- käytettävät työstömenetelmät

8.1 Miehittämätön tuotanto

Yksi FM-järjestelmän tunnusomaisia piirteitä on se, että järjestelmä kykenee ylläpitämään keskeytymätöntä tuotantoa joko rajoitetulla miehistöllä ja vähäisellä valvonnalla tai täysin miehittämättömänä ja ilman ihmisen valvontaa huomattavan osan toiminta-ajastaan. Tämän mahdollistavat järjestelmän pitkälle viety automatisointi ja ohjaus- ja valvontatoiminnot. Miehittämättömän tuotannon tai rajoitetusti miehitetyn tuotannon (RMT) tavoitteena on nostaa FM-järjestelmän vuotuista käyttötuntimäärää. Miehittämättömällä tuotannolla tavoitellaan muuttuvien kustannusten pienentämistä. Kustannussäästöt tulevat suoraan henkilöstön palkkakulujen pienemisestä. FM-järjestelmän automaatio mahdollistaa RMT:n, jolloin yksittäinen työntekijä pystyy huolehtimaan useammasta tuotantokoneesta samanaikaisesti. Miehittämättömän työstön mahdollistamiseksi yksittäisen työstökoneen käyttäjän tekemät valvontatoiminnot voidaan automatisoida. Näitä valvontatoimintoja ovat esimerkiksi työkalun kunnonvalvonta ja tarvittaessa työkierron keskeyttäminen ja työkalun vaihto, työkappaleen mittaus, työkappaleen kiinnityksen varmistaminen, työstöarvojen muuttaminen tarvittaessa ja reagoiminen työstön aikana ilmeneviin epänormaaleihin tilanteisiin.

Miehittämättömän tuotannon mahdollistavat valvontatoiminnot / 2 /

Epäsuora valvonta (työstönaikainen valvonta)

- tehonkulutuksen mittaus
- lastuamisvoimien mittaus
- vääntömomentin mittaus
- lastuamisaikojen valvonta
- lämpötilan mittaus
- värähtelyn mittaus
- akustisen emission mittaus
- adaptiivinen syötön säätö
- epäsuora mittasäätö

Suora valvonta

- työkalurikon tunnistus
- työkalun mittaus
- suora mittasäätö
- työkalun mittakompensointi

8.2 FM-järjestelmän ja koneiden käyttösuhde

FM-järjestelmän ohjaukseen käytettävään Fastems MMS-ohjelmistoon sisältyy Tilanvalvonta-tilasto-ohjelma, joka esittää syötetyt laitteen käyttötilatiedot helposti tarkasteltavassa muodossa, kuten esimerkiksi pylväskaavioina. Käytösuhderaportoinnin avulla järjestelmän käyttäjä voi tutkia FM-järjestelmän perusosien, kuten hyllystöhissin ja latausasemien suoritus- ja tilastotietoja. Tilastoihin sisältyy lisäksi tietoa järjestelmän ulkopuolisista laitteista kuten työstökoneista. Laitteiden rekisteröintitilojen avulla niille lasketaan tunnuslukuja, kuten käytettävyys, käyttösuhde ja keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF). Laskelmien tulokset esitetään kaavioiden ja taulukoiden avulla. Kaaviot ja tunnusluvut lasketaan erikseen kullekin laitteelle valitun aikavälin osalta. Laskelmissa käytettävä oletettu tuotantoaika on 24 tuntia / vrk, 7 vrk / viikko, eli 8760 tuntia vuodessa.

LAITE	TILA	KASVATTA KÄYTTÖSUH- DETTA	PIENENTÄÄ KÄYTTÄ- VYYTTÄ	VIRHE
Kaikki	Tietojenkeruuohjelma ei ole käynnissä	Ei	Kyllä	Ei
Hyllystöhissi	Tuntematon tila	Ei	Kyllä	Ei
Hyllystöhissi	Hälytys	Ei	Kyllä	Kyllä
Hyllystöhissi	Automaatti - Paletti laitteella	Kyllä	Ei	Ei
Hyllystöhissi	Automaatti - Tyhjänä ajo	Kyllä	Ei	Ei
Hyllystöhissi	Automaatti - Odottaa	Ei	Ei	Ei
Hyllystöhissi	MDI	Ei	Ei	Ei
Hyllystöhissi	Huolto	Ei	Kyllä	Ei
(Työstö)kone	Hälytys	Ei	Kyllä	Kyllä
(Työstö)kone	Työstää	Kyllä	Ei	Ei
(Työstö)kone	Toiminto aloitettu	Kyllä	Ei	Ei
(Työstö)kone	Odottaa	Ei	Ei	Ei
(Työstö)kone	MDI	Ei	Kyllä	Ei
(Työstö)kone	Pois päältä	Ei	Kyllä	Ei
Asema	Hälytys	Ei	Kyllä	Kyllä
Asema	Automaatti - Ei palettia	Ei	Ei	Ei
Asema	MDI	Ei	Kyllä	Ei
Asema	Automaatti - Paletti laitteella	Kyllä	Ei	Ei

Kuva 19 Laitteen käyttötilan vaikutus käytettävyyteen ja käyttösuhteeseen (Fastems MMS)

Käytettävyys, käyttösuhde ja keskimääräinen vikaantumisväli / 6 /

Käytettävyys on matemaattisen määritelmän mukaan todennäköisyys sille, että tarkasteltava kohde on käyttökunnossa tietyllä ajanhetkellä. Käytännön tarkasteluissa käytettävyys ilmoittaa, kuinka suuren osan tarkasteltavasta ajanjaksosta laite tai tuotantoyksikkö on ollut käyttökunnossa. Käytettävyyttä voidaan tarkastella sekä yksittäisen laitteen että tuotantoyksikön tasolla. Tuotantoyksikön käytettävyys on mittari luotettavuudesta sekä kunnossapidon tehokkuudesta ja yksittäisen laitteen käytettävyys on oleellinen ja tärkeä parametri selvitetäessä tuotannon pullonkauloja ja kehitys- ja parannuskohteita. Käytettävyyttä tarkasteltaessa on keskeistä määrittää se vertailuaika, johon toteutunutta tuotantoaika verrataan. Laskennassa käytettävä tuotantoaika voi olla joko tarkastelujakson kalenteriaika, 24 tuntia / vrk tai tarkastelujakson suunniteltu tuotantoaika, esimerkiksi 16 tuntia / vrk. *Käytettävyyden* laskentayhtälö:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Tarkastelujakson pituus} - \text{toimimattomuusjakson pituus}}{\text{Tarkastelujakson pituus}}$$

Käyttösuhde ilmoittaa toteutuneen käyttöajan suhteen tarkastelujakson vertailtavaan kokonaisaikaan. Käyttösuhteen laskennassa voidaan käyttää samoja periaatteita ja jaotuksia kuin määriteltäessä käytettävyyttä. Käytettävyys ja käyttösuhde ovat läheisiä termejä. Käytettävyys ilmoittaa, kuinka paljon tarkasteltavaa kohdetta olisi voitu käyttää, ja käyttösuhde ilmoittaa, kuinka paljon sitä on käytetty. Käyttösuhteen arvo ei voi ylittää samalta tarkastelujaksolta lasketua käytettävyyden arvoa. Ihanteellisissa olosuhteissa tai lyhyellä aikavälillä käytettävyys ja käyttösuhde voivat saada saman arvon. *Käyttösuhteen* laskentayhtälö:

$$\text{Käyttösuhde} = \frac{\text{Toteutunut käyttöaika}}{\text{Tarkastelujakson pituus}}$$

Keskimääräistä vikaantumisväliä (MTBF) käytetään tuotantoyksikön tai laitteen toimintavarmuuden kuvaamiseen. *Keskimääräinen vikaantumisväli* lasketaan jakamalla tarkasteltavan ajanjakson pituus sen aikana esiintyneiden vikojen lukumäärällä. Toimintavarmuuteen vaikuttavat mm. koneen tai järjestelmän ikä, ennakkohuolto, parantava kunnossapito ja henkilöstön ammattitaitoisuus.

8.3 FM-järjestelmän kunnossapito / 6, 12 /

Tuotantolaitteiden ja koneiden toimiminen suunnitellulla ja halutulla tavalla on tuotantoprosessin taloudellisen kannattavuuden perusedellytyksiä. Koneiden ja FM-järjestelmien tullessa yhä monimutkaisemmiksi ja siten kalliimmiksi tuotannon käyttövarmuus korostuu entisestään. Lisääntyvä automatisointi tekee häiriötilanteista monimutkaisempia ja voi kasvattaa laitteiden vikaherkkyyttä. Tuotantolaitteiden viat ja häiriöt monimutkaisessa tuotantoympäristössä ja epätavalliset häiriöt myös tutuissa tuotantolaitteissa pitkittävät vikojen löytämistä ja aiheuttavat kalliita tuotantoseisokkeja. Tehokkaan ja tarkoituksenmukaisen vikadiagnostiikan avulla käyttövarmuutta voidaan parantaa sekä välittömästi että välillisesti. Välitön hyöty käyttövarmuuden parantumiseen tulee vian nopean paikantamisen myötä. Välillistä hyötyä voidaan saavuttaa esimerkiksi koneiden käyttäjien kautta, sillä nopea, luotettava ja informatiivinen järjestelmä parantaa henkilöstön motivaatiota ja työskentelyolosuhteisiin sopeutumista.

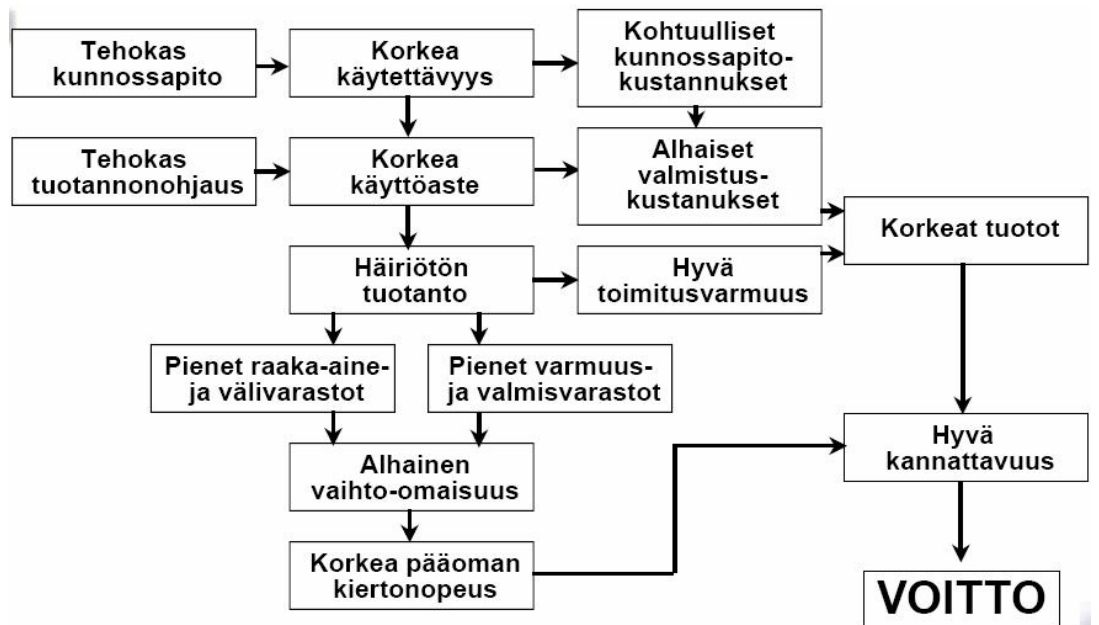
Materiaalivirtojen kannalta katsottuna kappaletavarateollisuuden toimintamallit lähestyvät prosessiteollisuutta, koska läpäisyajan ja keskeneräisen tuotannon minimointi on eräs keskeisimmistä tavoitteista FM-järjestelmiä suunniteltaessa. Tehokkaalla kunnossapidolla ja sen kehittämällä on tärkeä asema, kun päämääränä on häiriöiden ennaltaehkäisy ja mahdollisimman nopea vikatilanteista toipuminen. Kunnossapidon kehittämistarpeen määrittelyssä ja uusien tavoitteiden asettelussa on todelliseen, senhetkiseen tilanteeseen perustuvilla seurantatiedoilla olennainen merkitys. Kunnossapitotoimintojen kehittäminen vaatii monien eri tekijöiden huomioon ottamista ja näiden tekijöiden suunnitelmallista kehittämistä. Tuotantotoiminnan tehostumisen todentamiseksi tarvitaan tunnuslukuja, joiden määrittämiseksi on tunnettava niiden käsitteet, termit ja keskinäiset vuorovaikutussuhteet. Kunnossapidon kehitystyön tärkeä osatekijä on tavoitteiden asettaminen ja kunnossapidon tehokkuuden seuraaminen tunnuslukujen avulla. Näin kunnossapitoon liittyvät päätökset voivat perustua todellista tilannetta kuvaaviin tietoihin.

Kunnossapitokäsitteitä

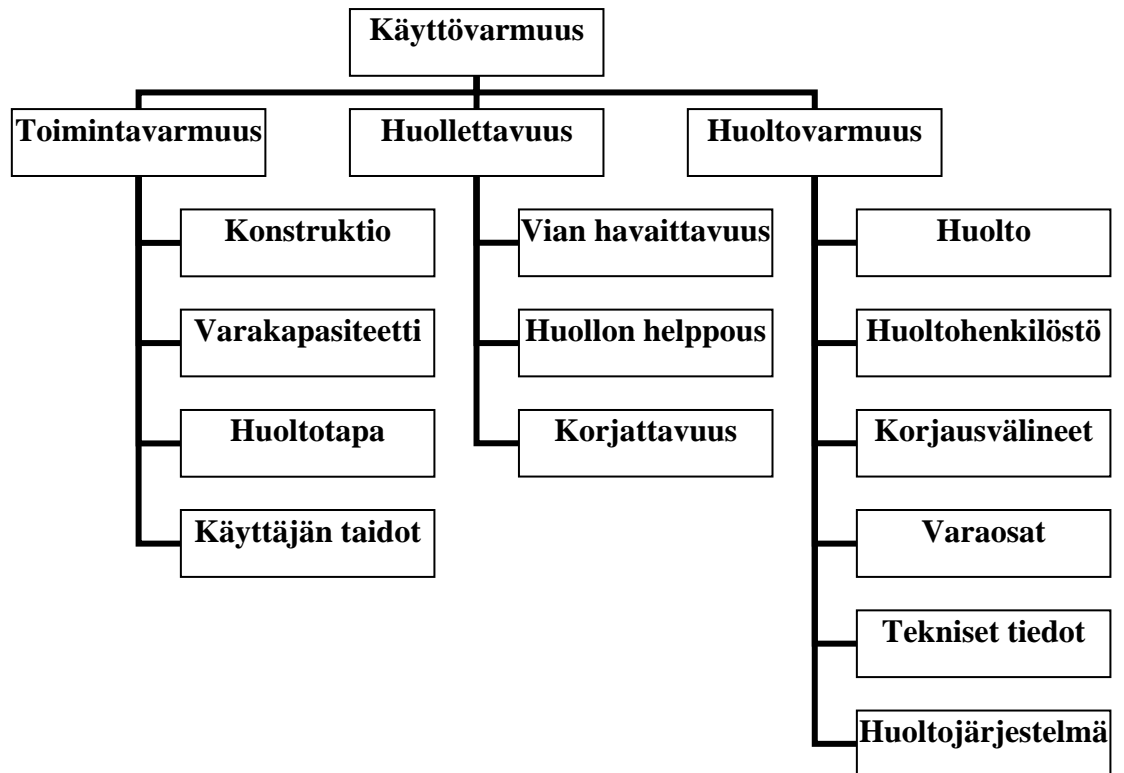
Kunnossapito käsitetään sellaisiksi teknisiksi ja hallinnollisiksi toimenpiteiksi, joiden tavoitteena on pitää laitteet toimintakunnossa ja saada ne toimintakuntoon vaurioitumisen jälkeen. Kunnossapitostrategiat voidaan jakaa seuraavasti:

- *Korjaavaan kunnossapitoon*, jossa korjaus tapahtuu suunnittelemattoman ja äkillisen korjaustarpeen perusteella.
- *Ennakoivaan kunnossapitoon*, joka on toimintaa vikojen syntymisen ehkäisemiseksi tai niiden havaitsemiseksi ennen kuin ne aiheuttavat tuotantohäiriöitä
- *Parantavaan kunnossapitoon*, jonka toimenpiteiden tarkoituksena on lisätä kohteen toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä. Parantavan kunnossapidon avulla kehitetään koneen tai laitteen konstruktio alkuperäistä varmemmaksi.
- *Mittaavaan kunnossapitoon*, jonka välineinä ovat kunnonvalvonta ja laaduntuottokyvyn valvonta.

Ennakoiva kunnossapito voidaan jakaa edelleen kahteen osaan, systemaattiseen ennakkohuoltoon ja kunnonvalvontaan perustuvaan ennakkohuoltoon. Systemaattinen ennakkohuolto perustuu koneiden valmistajien tietämykseen ja kokemusperäiseen tietoon siitä, milloin ja miten jokin huoltotoimenpide kannattaa tehdä. Kunnonvalvontaan perustuvassa ennakkohuollossa korjaustoimenpideimpulssit voivat tulla monelta taholta, esimerkiksi työstökoneen monitoroinista, laadunvalvonnasta tai työstökoneen mittauksista. Eri toimenpideimpulssilähteitä yhdistämällä saadaan paras tulos. Vikadiagnostiikka saa hyvää lähtötietoa näistä impulssilähteistä ja korjaustoimenpiteet saadaan kohdistettua nopeasti oikein.



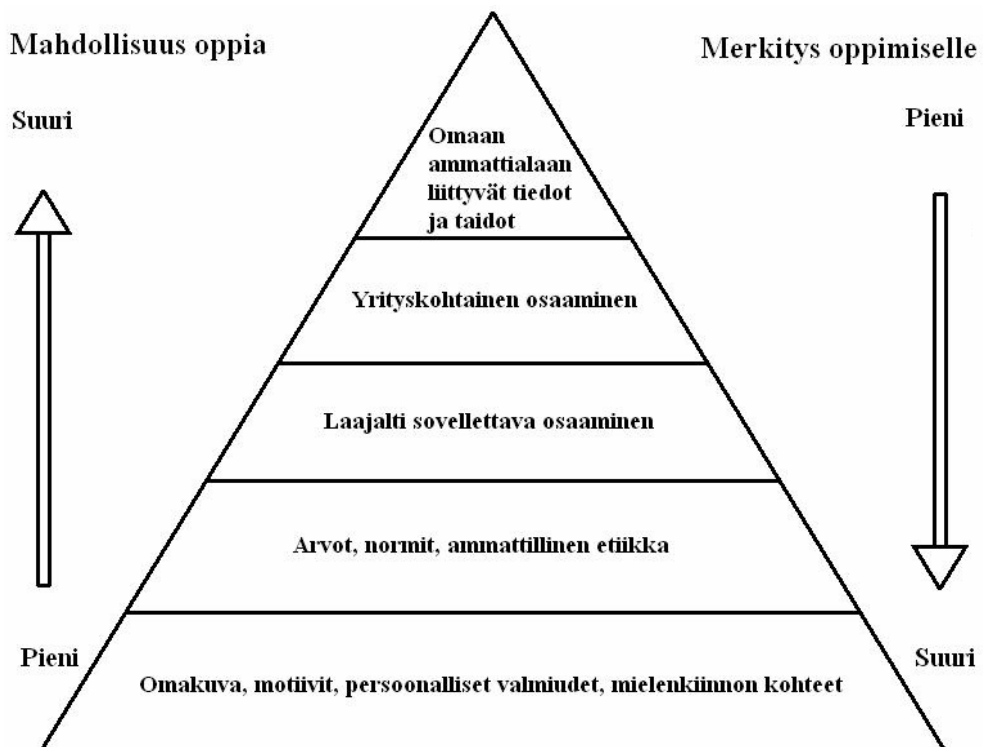
Kaavio 2 Kunnossapidon vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen / 12 /



Kaavio 3 Käyttövarmuuteen (käytettävyyteen) vaikuttavia tekijöitä

8.4 Henkilöstö

FM-järjestelmä koneineen ja laitteineen on osa yrityksen aineellista pääomaa. Siihen on usein sidottu paljon rahaa ja sen tuotto-odotukset ja paineet ovat suuret. Aineellisen pääoman lisäksi yrityksellä on käytössään aineeton pääoma. Aineeton pääoma voidaan määritellä usealla eri tavalla ja siihen kuuluvat esimerkiksi yrityksen osaaminen, maine, imago ja tuotemerkit. Aineettomasta pääomasta käytetään usein myös nimityksiä älyllinen pääoma, tietopääoma ja näkymättömät voimavarat. Yksi yrityksen tärkeimmistä aineettomista pääomista on yrityksen henkilöstö. Eli yrityksen työntekijät ja heidän osaamisensa. Osaamisen lisäksi inhimilliseen pääomaan kuuluvat työntekijän tiedot ja taidot, jotka ovat koulutuksen ja kokemuksen tulosta. Lisäksi inhimilliseen pääomaan kuuluvat yksilöiden erilaiset henkilökohtaiset ominaisuudet, asenteet, sopeutumiskyky sekä luovuus ja innovatiivisuus. Henkilöstön fyysinen ja psyykinen hyvinvointi on osa koko yrityksen inhimillistä pääomaa. Ihmiskeskeisten voimavarojen ymmärtäminen on yritykselle tärkeää, jotta tiedetään miten ja missä roolissa työntekijä on yrityksen organisaatiolle arvokain. Työntekijän ammatillista osaamista voidaan havainnollistaa seuraavan jäävuorimallin avulla:



Kaavio 4 Työntekijän ammatillisen osaamisen jäävuorimalli / 7 /

9 FM-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteet Hervannan Koneistus Oy

9.1 Miehitämätön tuotanto Hervannan Koneistus Oy

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän tuotanto toimii miehitettynä keskeytyvässä kaksivuorjärjestelmässä. Kolmas vuoro eli yövuoro on tarkoitettu miehitämättömälle tuotannolle. Tavoitteeksi on asetettu että koneistuskeskukset toimisivat tämän kahdeksan tunnin jakson ilman miehitystä. Nykyisellään tätä tavoitetta ei saavuteta kuin ihan satunnaisesti tietyillä koneilla. Koneistuskeskukset käyvät miehitämättömänä yöaikaan keskimäärin 2 – 7 tuntia koneesta riippuen. Koneistuskeskukset on varustettu miehitämättömän tuotannon mahdollistavilla valvontatoiminnoilla. Kaikissa koneistuskeskuksissa on käytössä työkalun pituusmittarikkotarkastus sekä karatehon valvonta. Lisäksi uudemmat koneistuskeskukset on varustettu kehittyneemmillä valvontatoiminnoilla, kuten työkalun kestoajan määrittämisellä ja varatyökalujärjestelmällä.

Miehitämättömän tuotannon epäonnistumiseen johtavia syitä

FM-järjestelmän koneet ja laitteet

- huoltojen laiminlyömisestä aiheutuvat koneistuskeskusten ja hyllystöhissin toiminnalliset häiriöt, esimerkiksi anturien likaantuminen, hyllystöhissin kiskon katkeaminen, hyllystöhissin paikoitusvirheet jne.
- työkalunvaihtajan toiminnalliset häiriöt, esimerkiksi makasiinin ketjun venyminen, vaihtajan jumiutuminen, anturihäiriöt jne.
- toiminnalliset häiriöt koneistuskeskusten paletinvaihtajissa
- koneistuskeskuksen ohjauksen ohjelmiston toimintahäiriöt, maahantuoja / valmistaja toimittaa markkinoille keskeneräisiä ja yhteensopimattomia koneita.

Työstönaikaiset häiriötilanteet

- terien kuluminen / rikkoutuminen, valvonta-arvojen ylittyminen / täyttyminen
- leikkuunesteen / johdevoiteluöljyn määrän väheneminen hälytysrajalle
- huoltojen laiminlyömisestä aiheutuva leikkuunestejärjestelmän tukkeutuminen joka aiheuttaa terärikon.

Organisatoriset häiriöt

- liian vähäinen miehitys, ei ehditä lataamaan työkappaleita varastoon miehittä-
mätöntä tuotantoa varten
- työkappaleaihioiden puute, ei ole mitä ladata
- palettivarastoon ei ole mahdollista ladata riittävästi työkappaleita, liian vähän
kiinnittimiä / konepaletteja tuotantokäytössä
- uusien kiinnittimien tuotantokäyttöön saattaminen kestää liian pitkään, jopa
useita kuukausia
- työkuorman jakaantuminen epätasaisesti eri koneille.

Järjestelmän käyttäjistä johtuvat häiriöt

- työkaluhuoltoa ei ole tehty riittävän huolellisesti
- leikkuunestettä / johdevoiteluöljyä ei ole lisätty
- työkappaleita ei ole ladattu riittävästi, työaika kuluu johonkin muuhun kuin itse
työn suorittamiseen.

Keinoja miehittämättömän tuotannon tehostamiseksi

Tavoitteeksi voidaan asettaa, että jokainen viidestä koneistuskeskuksesta saavuttaisi kahdeksan tunnin miehittämättömän tuotantojakson, jolloin koneet työstäisivät vielä aamuvuoron saapuessa töihin. Kuitenkin tämän tavoitteen saavuttaminen on ongelmallista varsinkin vanhempien koneiden osalta, koska niistä puuttuu varatyökalujärjestelmä. Etenkään jyrksinterien teräpalat eivät kestä niin pitkiä lastuamisaikoja, joita kahdeksan tunnin yhteenlasketut työstöajat vaativat. Ongelmia terien kestolle aiheuttaa myös työkappaleiden eli valukappaleiden epätasalaatuisuus. Työvarojen vaihtelu, valujen kovuserot ja huokoisuus lisäävät terien kulumista ja terärikköjen vaaraa. Yleisin yksittäinen syy siihen, että työkappaleita jää koneistamatta yöaikaan onkin juuri ongelmat koneistuskeskusten terien kanssa. Näitä ongelmia ovat terien rikkoutuminen, kulumisen hylkäysrajalle sekä teräkohtaisten lastuamisaikojen täytyminen. Ennen miehittämätöntä yövuoroa tehtävä huolellinen työkalujen huolto onkin tärkein toimenpide näiden ongelmien ehkäisemiseksi.

FM-järjestelmän koneet ja laitteet

- Tehdään koneistuskeskusten ja hyllystöhissin vuosi- ja ennakkohuollot säännöllisesti ja ajallaan, lisäksi tartutaan huoltoon kaipaaviin kohteisiin riittävällä riipydellä.
- Aloitetaan järjestelmällinen FM-järjestelmän kunnonseuranta.
- Selvitetään, mistä johtuvat ns. epämääräiset viat, esimerkiksi miksi tiettyä konepalettia ei pysty ajamaan tietyssä koneistuskeskuksessa, miksi 6 kk vanhan koneistuskeskuksen paletinvaihto keskeytyy ilman näkyvää syytä jne.

Työstönaikaiset häiriötilanteet

- Selvitetään, onko käytössä kyseiseen tehtävään sopivimmat terät, terämateriaalit ja lastuamisarvot.
- Pidetään huolta siitä, että terähuollon suorittaminen on mahdollisimman tehokasta, yleisimmät ja korvaavat terät ja teräpalat pitää löytyä varastosta.
- Huolehditaan siitä, että koneistuskeskusten lastuamisneste- ja keskusvoitelujärjestelmät ovat asianmukaisessa kunnossa.

Organisatoriset häiriöt

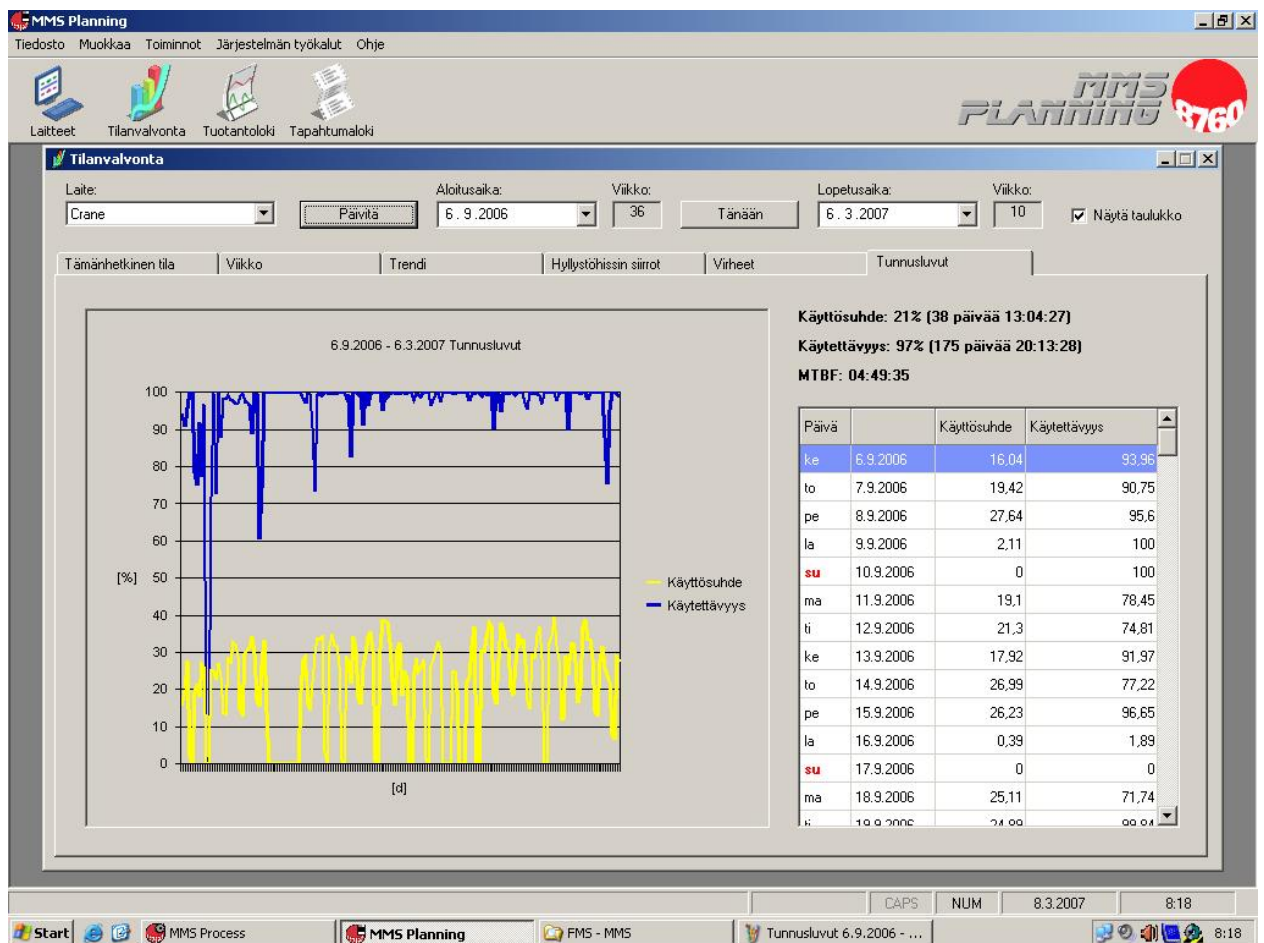
- Huolehditaan siitä, että miehitystä on riittävästi, ei käytetä FM-järjestelmän käyttäjiä ns. varamiehinä paikkaamassa yrityksen muiden koneiden miehitysvajetta.
- Valimojen toimitusongelmiin on asiakkaan hankala vaikuttaa, mutta huolehditaan kuitenkin siitä, että valuaihioita olisi varastossa riittävä määrä.
- Pidetään huolta siitä, että järjestelmän käytössä on riittävä määrä konepaletteja ja kiinnittimiä, sekä pyritään nopeuttamaan uusien kiinnittimien käyttöönottoa.
- Koneistuskeskusten ominaisuuksien puitteissa jaetaan niiden työkuorma mahdollisimman tasaisesti.

Järjestelmän käyttäjistä johtuvat häiriöt

- Kiinnitetään huomiota järjestelmän käyttäjien työtehtävään sopivuuteen, koulutukseen, motivointiin ja riittävään työtehtävien kierrätykseen.

9.2 FM-järjestelmän ja koneiden käyttösuhde Hervannan Koneistus Oy

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän laajennuksen yhteydessä syksyllä 2006 päivitettiin myös järjestelmän valmistuksenhallintaohjelmisto Fastemssin uusimpaan neljännen sukupolven MMS-ohjelmistoon. MMS Planning ohjelmistoon sisältyy Tilanvalvonta-tilasto-ohjelma, josta kerättiin tiedot FM-järjestelmän tunnusluvuista. Tiedot käyttösuhdeista, käytettävyydestä ja keskimääräisestä vikaantumisvälistä kerättiin ajalta 6.9.2006 – 6.3.2007, eli kuudelta kuukaudelta, jota voidaan pitää luotettavana ja riittävän pitkänä ajanjaksona tietojen analysointiin. Tiedot hyllystöhissin siirtojen määrästä kerättiin ajalta 8.1.2007 – 8.3.2007, eli kahdelta kuukaudelta järjestelmän rajoitetun tietokantakoon takia, mutta tätäkin ajanjaksoa voidaan pitää riittävänä ja totuudenmukaisena.



Kuva 20 Tilanvalvonta-tilasto-ohjelma Fastems MMS Planning

Taulukko 1 Hyllystöhissin, koneistuskeskusten ja latausasemien tunnusluvut (6 kk)

Laite	Käytettävyys	Käyttösuhde	MTBF
Hyllystöhissi	97 %	21 %	4 h 50 min
Daewoo 1	71 % *	58 %	8 h 48 min
Daewoo 2	62 % *	49 %	6 h 15 min
Daewoo 3	70 % *	59 %	3 h 10 min
Daewoo 4 (5)	77 % *	63 %	15 h 23 min
Daewoo 5 (6)	26 % *	16 %	1 h 53 min
L1	100 %	78 %	ei vikoja
L2	99 %	75 %	10 pv 4 h 48 min
L3	100 %	87 %	15 pv 4 h
L4	100 %	81 %	14 pv

* Vaikka koneistuskeskukset ovat käyttökunnossa, niiden käytettävyys pienee virtojen ollessa poiskytkettynä, jolloin ne eivät ole järjestelmän käytettävissä

Taulukko 2 Hyllystöhissin siirtojen määrät eri laitteille (2 kk)

Laite	Siirtojen määrä
Daewoo 1	1 174
Daewoo 2	1 007
Daewoo 3	2 405
Daewoo 4 (5)	3 166
Daewoo 5 (6)	909
L1	2 558
L2	3 053
L3	2 274
L4	2 242
Hyllystöhissin siirrot yhteensä	18 788 kpl

Tunnusluvuista FM-järjestelmän tehokkuuden ja tuottavuuden kannalta oleellimmat ovat koneistuskeskusten käytettävyys ja käytösuhde (taulukot 1 ja 3). Jos koneiden käytettävyys on heikko ei luonnollisesti niiden käytösuhdekaan voi olla korkea. Kuten kuvasta 19 (s. 40) voidaan nähdä, koneistuskeskusten käytösuhdetta nostaa ainoastaan se aika jolloin koneet lastuavat. Ja tämä aika jolloin koneet tekevät jalostavaa työtä onkin ainoa aika jolloin ne tekevät yritykselle tulosta. Tästä syystä tulisi ensin pyrkiä nostamaan FM-järjestelmän käytettävyys riittävälle tasolle, jonka jälkeen tulisi keskittyä käytösuhteen nostamiseen mahdollisimman lähelle käytettävyyttä.

Koneistuskeskusten käytettävyys oli 6 kk aikana välillä 26 – 77 %. Näitä tunnuslukuja analysoitaessa tulee ottaa huomioon, että niihin on laskettu mukaan myös viikonlopun tunnit, jolloin Hervannan Koneistuksessa ei ole säännöllistä tuotantotoimintaa. Eli kun FM-järjestelmän koneista on virrat kytkettynä pois viikonloppuina, pienentää tämä laitteiden käytettävyyttä. Lisäksi uuden koneistuskeskuksen Daewoo 5:n (6) alhainen käytettävyys 26 % johtuu erilaisista ongelmista koneen tuotantokäyttöön saattamisessa. Koneistuskeskusten käytösuhdetta voidaan suhteuttaa niiden käytettävyyteen jolloin saadaan laskemalla seuraavat tunnusluvut:

Taulukko 3 Koneistuskeskusten käytösuhde suhteessa niiden käytettävyyteen

Laite	Käytettävyys	Käytösuhde	Käytösuhde / Käytettävyys
Daewoo 1	71 %	58 %	82 %
Daewoo 2	62 %	49 %	79 %
Daewoo 3	70 %	59 %	84 %
Daewoo 4 (5)	77 %	63 %	82 %
Daewoo 5 (6)	26 %	16 %	62 %

Nämä selvästi havainnollisemmat tunnusluvut kertovat kuinka suuren osan käytettävissä olevasta ajasta koneistuskeskukset ovat lastunneet eli tehneet tuottavaa työtä.

Hyllystöhissin korkea käytettävyys on myös tärkeää, koska hyllystöhissin ollessa toimintakyvyttömänä ei koneistuskeskuksille ja latausasemille voida siirtää konepaletteja, ja näin ollen niiden käyttösuhde pienenee. Hyllystöhissin käyttösuhteella ei ole niinkään suurta merkitystä, koska se ei tee suoranaisesti tuottavaa työtä. Hyllystöhissin pienehkö käyttösuhde kertoo siitä että sillä on hyvä palvelukapasiteetti. Ainoastaan aamuisin järjestelmän käyttäjien alkaessa purkamaan miehittämättömän vuoron aikana ajettuja työkappaleita muodostuu hyllystöhissin palvelukyky hetkelliseksi FM-järjestelmän pullonkaulaksi. Tämä on se hinta minkä joutuu maksamaan siitä että käytössä on suurehko ja monipuolinen FM-järjestelmä. Hyllystöhissin 2 kk aikana varastopaikkojen, koneistuskeskusten ja latausasemien välillä tekemien siirtojen yhteismäärä oli 18 788 kpl (taulukko 2). Tämän luvun kun kertoo kuudella niin saa keskimääräisen koko vuoden siirtojen määrän 112 728 kpl. Jos oletetaan 66 metriä pitkän FM-järjestelmän keskimääräiseksi siirron pituudeksi pelkästään hyllystöhissin X-akselin eli kiskon suunnassa 15 metriä, saadaan hyllystöhissin vuoden aikana kulkeman matkan pituudeksi 1 690 920 metriä, eli noin 1 700 kilometriä. Tällaiset siirtomäärät edellyttävät järjestelmällistä ja ennakoivaa hyllystöhissin kunnossapitoa.

Latausasemien käyttösuhde kertoo siitä kuinka pitkään paletti on viipynyt kyseisellä laitteella ja onko laitteella ylipäättään ollut palettia, mutta ei kerro mitään siitä kuinka tehokasta työkappaleen tai kiinnittimien vaihtaminen on ollut. Latausasemien käytettävyyden kanssa ei ole ollut ongelmia, muutamat esiintyneet viat ovat olleet lähinnä likaantumisesta johtuvia anturihäiriöitä

Koneistuskeskusten keskimääräiset vikaantumisvälit (taulukko 1) ovat lyhyitä johtuen lähinnä siitä, että työstönvalvontatoiminnot ilmoittavat työkalujen viikatiloista ja lastuamisaikojen täyttymisestä koneen virheilmoituksella. Koneistuskeskusten siirtojen määristä on nähtävissä se, että mitä pidemmät koneistusajat kyseisellä koneella valmistettavissa kappaleissa on, sitä vähemmän sille on siirtoja. Latausasemien siirtojen määrät eli niillä ladattujen ja purettujen kappaleiden määrät ovat kuitenkin pitkälti sidoksissa kyseisellä latausasemalla työkentelevien käyttäjien määrään. Myös kappaleen vaihtoon kuluva aika vaikuttaa siirtojen määrään.

Keinoja FM-järjestelmän käytettävyyden nostamiseksi

- Teknisten häiriöiden vähentäminen (s. 37).

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän käytettävyyttä voidaan tarkastella sekä yksittäisen laitteen että koko järjestelmän tasolla. Koko FM-järjestelmän käytettävyys on mittari luotettavuudesta sekä kunnossapidon tehokkuudesta, ja yksittäisen laitteen käytettävyys on oleellinen ja tärkeä tekijä selvitetäessä tuotannon pullonkauloja ja kehitys- ja parannuskohteita.

Keinoja FM-järjestelmän käyttösuhteen nostamiseksi

- Tuotannon valvonta ja seuraaminen (s. 37)
- Organisatoristen häiriöiden vähentäminen (s. 37)
- Käsiajan lyhentäminen (s. 37)
- Valmisteluajan lyhentäminen (s. 38)
- Apuajan ja taukoajan lyhentäminen (s. 38).

Miehittämättömän tuotannon lisääminen on edullisin tapa FM-järjestelmän käyttösuhteen nostamiseen. Sen toteuttaminen asettaa kuitenkin omat vaatimuksensa koko tuotantoyksikölle. FM-järjestelmän varastohyllystössä on 93 palettipaikkaa, joista löytyy tällä hetkellä 81 konepalettia. Eli 12 paikkaa on tyhjänä. 81 konepaletista osa on ilman kiinnitintä. Eli järjestelmästä löytyy kapasiteettia lisätä palettien ja kiinnittimien määrää, joka mahdollistaa omalta osaltaan käyttösuhteen nostamisen. Koska jokaisesta koneistuskeskuksesta löytyy odotuspaikka seuraavaksi koneistettavalle paletille, eivät koneistuskeskusten odotusajat merkittävästi laske koneiden käyttösuhdetta. Liian vähäinen miehitys aiheuttaa käyttösuhteen alenemista, koska järjestelmän käyttäjien aika ei yksinkertaisesti riitä ylläpitämään tuotantoa ja valmistelemaan miehittämättömää vuoroa riittävän tehokkaasti.

9.3 FM-järjestelmän kunnossapito Hervannan Koneistus Oy

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän kunnossapito perustuu pääosin korjaavaan kunnossapitoon. Myös ennakkoivaa kunnossapitoa toteutetaan tapauskohtaisesti sekä enakkohuoltojen muodossa. Enakkohuoltoja on kuitenkin tuotannollisista syistä jätetty tekemättä ajallaan. Suunnittelematon ja korjaavaan kunnossapitoon perustuva huoltotoiminta soveltuu huonosti nykyaikaisen FM-järjestelmän käytettävyyden ylläpitoon, varsinkin kun tavoitteena on järjestelmän mahdollisimman korkea käyttösuhte. FM-järjestelmän koneiden ja laitteiden valmistajat sekä maahantuojat ovat laatineet tarkat määräaikaishuolto-ohjelmat tuotteilleen, joista olisi hyvä pitää kiinni. Myös yrityksen sisäisiä enakkohuolto-ohjelmia voidaan laatia ja ajoittaa huoltotoimenpiteet tuotannon kannalta edulliseen aikaan, mutta niistä täytyy myös pitää kiinni. Suunnitelmallisen kunnossapidon tärkeimpänä tavoitteena on enakkohuollon lisääminen suhteessa korjaavaan kunnossapitoon ja vikaantumisesta aiheutuvien tuotantoseisokkien vähentäminen. Enakkohuolto on suunniteltava huolellisesti, riittävän ajoissa ja kohdistettava oikein, koska myös enakkohuoltoon käytetty aika on pois tehokkaasta tuotantoajasta. Enakkohuolto-ohjelman noudattaminen on tärkeää myös tuotannon kiireellisinä aikoina, sillä huoltojen laiminlyönti on väärässä paikassa säästämistä. Enakkohuoltoihin kuluva aika ja huoltokustannukset ovat yleensä huomattavasti pienempiä kuin huoltojen laiminlyönnistä aiheutuvat huoltoseisokit ja korjauskustannukset.

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän kunnonvalvonta on täysin järjestelmän käyttäjien havaintojen varassa. Kunnonvalvontaan ja mittauksiin perustuva enakkohuolto on kannattavaa sellaisissa tilanteissa, joissa koneen pysäyttäminen säännöllisin väliajoin huoltoa varten aiheuttaa suuria tuotannon menetyksiä tai joissa kriittiset osat ovat liian kalliita säännöllisin väliajoin vaihdettaviksi. Kunnonvalvonta perustuu määräaikaisiin tai jatkuviin mittauksiin ja muuttujien seurantaan. Kunnonvalvonnassa käytettäviä mittauksia ovat esimerkiksi värähtely- ja lämpötilamittaukset, öljyanalyysit sekä koneistuskeskusten geometriset mittaukset.

Toimiva, suunnitelmallinen ja tehokas kunnossapito on FM-järjestelmän käytettävyyden perusta. Korkea käytettävyys luo mahdollisuudet saavuttaa korkea järjestelmän käyttösuhte ja näin ollen korkea tehokkuus ja tuottavuus. Kunnossapitoa ei tulisi nähdä pelkkänä rahareikänä ja välttämättömänä pahana, vaan sen merkityksen tärkeys tulisi sisäistää osana yrityksen kannattavuutta ja tuotantotoiminnan jatkuvuutta. FM-järjestelmän kunnossapitotoiminta voidaan suorittaa vanhanaikaisena, korjaavana kunnossapitona tai sitä voidaan järjestelmällisesti kehittää kohti systemaattista, parantavaa ja kunnonvalvontaan perustuvaa kunnossapitoa. Joka tapauksessa FM-järjestelmän koneet ja laitteet on huollettava ja saatettava vikaantumisen jälkeen käyttökuntoon. Kunnossapitojärjestelmän pitää kuitenkin olla taloudellisesti kannattava, ja sen perustelu voikin olla usein vaikeaa. Kaavio 2 (s. 44) kuvaa kunnossapidon vaikutusta yrityksen kannattavuuteen. Koska FM-järjestelmän perustaminen ja siihen kuuluvat koneinvestoinnit ovat aina kalliita ja paljon pääomaa sitovia, on luonnollista että järjestelmän elinkaari tuotantokäytössä olisi mahdollisimman pitkä. Tämän tavoitteen toteutumista edesauttaa asianmukainen ja pitkäjänteinen kunnossapitotoiminta.

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän kunnossapidon perustana voisi toimia kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon (TPM) ajatusmalli. TPM:n päämääränä on lisätä FM-järjestelmän kokonaistehokkuutta maksimoimalla ja ylläpitämällä jokaisen yksittäisen FM-järjestelmän osan tehokkuus. TPM parantaa tehokkuutta nostamalla koneiden käytettävyyttä ja käyttösuhdetta sekä vähentämällä viallisten tuotteiden määrää. *TPM:n käytännön toteutuksen keskeisiä ajatuksia ovat:*

- vikojen ja häiriötilojen minimoiminen suunnitelmallisella ennakkohuollolla
- kunnossapitotoiminnan jatkuva kehittäminen
- järjestelmän käyttäjät ovat avainasemassa vikojen havaitsemisessa ja yksinkertaisten puhdistusten ja rutiinihuoltojen suorittamisessa
- kunnossapitohenkilöstö osallistuu vain erikoisosaamista vaativien monimutkaisempien vikojen ja laajempien ennakkohuoltojen suorittamiseen
- kunnossapitoon liittyviä ongelmia pohditaan yhteisesti ja paneudutaan myös piileviin, toimintaa hidastaviin vikoihin ja häiriöiden aiheuttajiin.

9.4 Henkilöstö Hervannan Koneistus Oy

Hervannan Koneistuksen palveluksessa on 45 henkilöä (1.1.2007). Näistä palkattuun henkilökuntaan kuuluu 43 henkilöä, joista toimihenkilöitä on 5. Eli suorittavan työn tekijöitä on 38, joista pääsääntöisesti 9 työskentelee FM-järjestelmän käyttäjinä, 4 toisessa vuorossa ja 5 toisessa vuorossa. Hervannan Koneistuksella on käytössään Lean Management -ajatusmallin mukainen asiakassuuntautunut toimintatapa, jossa pyritään maksimaaliseen asiakastyytyväisyyteen minimaalisin resurssein.

Kuten aikaisemmin tässä tutkintotyössä on tullut ilmi, liian vähäisellä miehityksellä on laskeva vaikutus FM-järjestelmän käyttösuhteeseen. Toisaalta taas yksi FM-järjestelmän kilpailuvaltti tuotannossa on sen kyky toimia vähäisellä miehityksellä tai kokonaan ilman miehitystä. Järjestelmän käyttäjien sopivan määrän löytäminen onkin tasapainoilua resurssien tuhlauksen ja alimiehityksen välillä. FM-järjestelmän tärkeimmät voimavarat ovat sen käyttäjät. Teknisiltä ominaisuuksiltaan hienolla ja kalliilla FM-järjestelmällä ei ole paljoakaan virkaa, jos sitä käytetään puoliteholla ja kaikkia sen ominaisuuksia ei osata hyödyntää. Eli järjestelmän käyttäjien osaaminen on avainasemassa FM-järjestelmän tuottavuudessa ja tehokkuudessa, järjestelmän teknisten ominaisuuksien lisäksi.

FM-järjestelmän yksittäisen käyttäjän ei tarvitse hallita kaikkia järjestelmään kuuluvia toimintoja. Hän pystyy käyttämään järjestelmää omaksuttuaan siihen riittävät perustiedot ja taidot. Joidenkin yritysten FM-järjestelmissä työskentelee tarkoituksella osaamiseltaan eritasoisia käyttäjiä. Osa käyttäjistä hoitaa järjestelmän perustoiminnot kuten työkappaleiden vaihdot. Osaavimmat käyttäjät toimivat perustoimintojen lisäksi asetusten ja ohjelmien tekijöinä. Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään tällainen toimintamalli sopii huonosti koska käyttäjäresurssit ovat rajalliset ja käyttäjien moniosaaminen kasvattaa järjestelmän käytön joustavuutta. Käyttäjien laaja osaaminen palvelee myös työnantajan etua, sillä työntekijät pystyvät toimimaan eri työtehtävissä ja korvaamaan muita, poissaolevia työntekijöitä.

FM-järjestelmän henkilöstön kehittäminen

FM-järjestelmän käyttäjältä vaadittavia ominaisuuksia

- riittävät ammatilliset perustiedot ja taidot (koulutus, työkokemus)
- sosiaaliset taidot (avoimuus, toisten huomioiminen, erilaisuuden hyväksyminen)
- tahto sekä kyky oppia ja omaksua uusia asioita
- korkea työmoraali ja motivaatio, vastuuntuntoisuus
- tahto tehdä tulosta ja laatua
- omatoimisuus, itseohjautuvuus, organisointikyky
- kyky sekä itsenäiseen että ryhmätyöskentelyyn
- tahto oman osaamisensa kehittämiseen ja muiden opastamiseen
- omalta osaltaan viihtyisän työilmapiirin luominen.

Työnantajalta ja työnantajan edustajilta vaadittavia ominaisuuksia

- ehdoton rehellisyys ja työntekijöiden tasapuolinen kohtelu
- avoimuus ja riittävä tiedottaminen
- hyvän ja huonon palautteen antaminen asiallisesti ja rakentavasti
- työntekijöille mahdollisuus työtehtävien kierrättämiseen
- lisäkoulutuksen tarjoaminen halukkaille resurssien puitteissa
- asianmukaisten ja turvallisten työolosuhteiden takaaminen
- omalta osaltaan viihtyisän työilmapiirin luominen.

Kun nämä työntekijä- ja työnantajapuolen perusasiat ovat kunnossa, on FM-järjestelmälle luotu henkilöstön osalta hyvät mahdollisuudet tehokkaaseen ja tuotettavaan tuotantoympäristöön ja työilmapiiriin. Nämä perusasiat eivät kuitenkaan ole itsestäänselvyksiä, joten jokaisen on katsottava peiliin ja mietittävä mitä asioita voisi tehdä paremmin tai erilailla.

Hervannan Koneistuksella on laadittuna henkilöstöopas ja perehdyttämissuunnitelma, jotka palvelevat eritoten uusia työntekijöitä. Myös työntekijöiden käymiä koulutuksia ja kursseja sekä taitoja ja pätevyyskirjoja kirjataan erilliseen koulutusrekisteriin.

FM-järjestelmän käyttäjien osaamiskartoitus

Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmään kuuluu viisi koneistuskeskusta, joissa kussakin on tietyiltä osin toisistaan eroava ohjaus- ja käyttöliittymä. Lisäksi kaksi uusinta koneistuskeskusta on varustettu Fastemssin RTS-työkalumakasiineilla, joissa on oma käyttöliittymänsä. Järjestelmässä valmistetaan 62 eri tuotenimikettä, joista noin 30 on jokapäiväisessä ja aktiivisessa tuotantokäytössä. Järjestelmän käyttäjille ei ole määrätty tiettyä tehtävää tai vastuuta tietyistä koneistuskeskuksista, vaan molemmat työvuorot toimivat itsenäisesti, oma-aloitteisesti ja ylläpitävät järjestelmän tuotantoa. On hyvin pitkälti kiinni käyttäjien omasta aktiivisuudesta, mitä työtehtäviä he työaikanaan tekevät. Tämä vaatii työporukalta yhteisymmärrystä, yhteistyökykyä ja ryhmätyötaitoja sekä toisten huomioon ottamista.

Ongelmana on, että työnantaja, työnjohto ja tuotannonohjaus eivät tarkasti tiedä mitä kukin työntekijä osaa ja hallitsee, ketä voi toimia kunkin varamiehenä ja keneltä löytyy tarvittaessa tiettyä erikoisosaamista. Optimaalinen tilanne olisi tietysti se, että jokainen järjestelmän käyttäjä hallitsisi kaikki järjestelmän työtehtävät. Ja koska työkappaleiden tuotanto on sarjavalmistustyyppistä, lisää riittävä työtehtävien kierrätys myös käyttäjien työssä viihtymistä. Eri työtehtävien opettelu on paljolti kiinni työntekijän oman aktiivisuudesta ja halusta oppia uusia asioita. Oppimiseen vaikuttaa myös työhön perehdyttäjän tiedot ja taidot. Vanhin ja kokenein ammattimies ei välttämättä ole paras mahdollinen työhön perehdyttäjä. Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän käyttäjistä on ollut tarkoitus laatia osaamismatriisi, josta kävisi ilmi jokaisen työntekijän tiedot ja taidot. Ongelmana on, että kuka voi määrittää kenenkin osaamistason, esimiehen pitäisi tässä tapauksessa hallita kaikki alaistensa työtehtävät. Lisäksi kaikille työntekijöille tulisi luoda tasapuoliset mahdollisuudet oman osaamisensa kehittämiseksi. Tämän tutkintotyön puitteissa katsoin tarpeelliseksi laatia oman näkemykseni siitä, millainen FM-järjestelmän käyttäjien osaamismatriisi voisi olla. Osaamismatriisi on tämän tutkintotyön liitteenä (liite 1). Työnantaja voi halutessaan käyttää osaamismatriisia apunaan luotaessa varamiesjärjestelmää tai esimerkiksi määriteltäessä työntekijöiden palkkausperusteita.

Osaamismatriisi / 8 /

Osaamismatriisi on eräs konkreettinen työkalu osaamisen arvioimiseen ja kehittämiseen. Osaamismatriisin laadintaan sisältyvät arvioitavien osaamisosa-alueiden valinta, niiden luokittelu ja tasonmääritys. Osaamismatriisi esittää arvioidut osaamisen tasot havainnollisessa muodossa. Osaamismatriisin voi laatia usealla eri tavalla. Osaamismatriisi toimii yleensä yhteenvedona esimerkiksi tiimin, osaston tai koko yrityksen henkilöstön osaamisista. Tässä tapauksessa osaamismatriisiin kootaan yhteenvedona Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän käyttäjien osaamiset.

Osaamismatriisin osaamisten määrä tulee pitää kohtuullisena, ettei matriisin havainnollisuus kärsi liikaa. Tämän lisäksi kullekin osaamiselle tulee asettaa määrätty vaatimustaso, joka voi olla esimerkiksi henkilökohtainen, osastoittain määritetty tai koko yrityksen kattava. Osaamismatriiseja voidaan laatia hyvin-kin yksityiskohtaisista osaamisista, jolloin voidaan tarkkaan selvittää ja tuoda esille henkilöstön osaamiset.

Osaamismatriisia voidaan hyödyntää eri tavoin. Yksi konkreettisista matriisin hyödyntämistavoista on sen tuloksien perusteella laadittava henkilökohtainen kehittämissuunnitelma. Osaamismatriisi voi toimia myös raporttina, josta ilmenee henkilöstön osaaminen. Tästä raportista on helppo eritellä henkilöt, joilla on tietynlaista osaamista. Matriisin avulla voidaan myös laatia erilaisia tunnuslukuja. Tunuslukujen avulla voidaan esimerkiksi selvittää kuinka monta heikoimman tai korkeimman tason omaavaa henkilöä tietyssä tärkeäksi havaitussa osaamisen osa-alueessa on. Tämän tyyppiset tunnusluvut voidaan liittää mukaan osaamisen riskienhallintaan. Esimerkiksi mikäli jonkun tärkeän osaamisen hallitsee vain yksi henkilö joka on jäämässä eläkkeelle, voidaan asiaan reagoida ajoissa. Osaamismatriisi on apuna myös eri henkilöiden osaamisen vertailussa. Lisäksi osaamismatriisin avulla voidaan luoda ideaalisia osaamisprofiileja, jotka ovat apuna yrityksen rekrytointiprosessissa.

10 YHTEENVETO

Tämän tutkintotyön tuloksina voidaan pitää luvuissa 8 ja 9 (s. 36 – 59) esiin tuotuja Hervannan Koneistuksen FM-järjestelmän kehityskohteita, sekä niihin liittyviä pohdintoja, kehitysideoita ja parannusehdotuksia. Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli tuoda esiin FM-järjestelmän käyttöön, käytettävyyteen ja käyttösuhteeseen vaikuttavia asioita toimimalla järjestelmän käyttäjänä, sekä perehtymällä aiheeseen liittyvään teoriaan. Kehityskohteisiin ei ollut tämän tutkintotyön puitteissa mahdollisuutta lähteä perehtymään erityisen syvällisesti, vaan tarkoituksena oli tuoda ne yrityksen johdon tietoisuuteen, ja näiltä osin antaa alkusysäys FM-järjestelmän käytön kehittämiseksi.

FM-järjestelmän käyttöön, käytettävyyteen ja käyttösuhteeseen vaikuttavat monet eri asiat, eikä niitä kaikkia ollut mahdollista lähteä käsittelemään tässä tutkintotyössä. Esimerkiksi yrityksen tuotannosuunnittelulla, varastotoiminnoilla ja materiaa-
livirroilla sekä niiden toimivuudella ja sujuvuudella on omat roolinsa FM-järjestelmän tehokkaassa toiminnassa. Liitteenä olevaa (liite 1) FM-järjestelmän käyttäjien osaamismatriisia voidaan tarpeen vaatiessa jalostaa edelleen yksityiskoh-
taisemmaksi, jos esimerkiksi halutaan selvittää järjestelmän käyttäjien koneistus-
keskuskohtaista osaamista luotaessa varamiesjärjestelmää.

Tämän tutkintotyön tekeminen toimi samalla hyvänä itseopiskeluprojektina, jonka aikana oli mahdollisuus perehtyä ja tutustua sekä FM-järjestelmään liittyvään käytännön tekemiseen ja osaamiseen, että siihen liittyvään teknologiaan ja teoriaan. FM-järjestelmän ammattimaisena käyttäjänä toimiminen vaati vahvan tietotaidon ja käytännön osaamisen. Niitä ei saavuteta kuin riittävällä koulutuksella ja työkokemuksella. Syksyn 2007 aikana onkin Suomessa tarkoitus aloittaa valtakunnallinen FMS-ajokorttikoulutus, idea ja tarve koulutuksen järjestämiseksi on tullut eri tahojen yhteenliittymältä, johon kuuluu suomalaisia alan oppilaitoksia ja yrityksiä.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Maaranen, Keijo, Koneistustekniikat. WSOY. Porvoo 2004. 326 s.
- 2 Aaltonen, Kalevi - Torvinen, Seppo, Konepaja-automaatio. WSOY. Porvoo 1997. 308 s.
- 3 Lapinleimu, Ilkka - Kauppinen, Veijo - Torvinen, Seppo, Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY. Porvoo 1997. 398 s.
- 4 Lapinleimu, Ilkka, Ideaalitehdas: Tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. TKK. Tampere 2001. 197 s.
- 5 Laitinen – Niinimäki – Tiainen – Tiilikka – Tuomikoski – Koivisto, Kone-tekniikan materiaalioppi. Edita Oy. Helsinki 1998. 349 s.
- 6 Aalto, Heikki, Kunnossapitotekniikan perusteet. Kotkaset. Hamina 1997. 95 s.
- 7 Viitala, Riitta, Johda osaamista! – Osaamisen johtaminen teoriasta käytäntöön. Inforviestintä. Helsinki 2005. 396 s.
- 8 Lönnqvist – Kujansivu – Antola, Aineettoman pääoman johtaminen. JTO-Palvelut Oy. Oitmäki 2005.

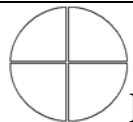
Painamattomat lähteet

- 9 Aaltonen, Kalevi, luentomateriaali ”FM-järjestelmät”. TKK 2006.
(<http://www.machina.tkk.fi/kurssit/41/2008/FMS.pdf>).
- 10 Aaltonen, Kalevi, luentomateriaali ”Koneistuksen tuotantoautomaatio”. TKK 2006
(<http://www.machina.hut.fi/kurssit/41/2008/Automatisointi.pdf>).
- 11 Fastems Oy, Valmistusjärjestelmän käyttöohje Hervannan Koneistus Oy 2006.
- 12 Väänänen, Matti, luentomateriaali ”Kunnossapito”. HAMK 2004.
(http://www.automaint.hamk.fi/kurssisivut/kpl_tavara_autom/2003/kunnossapito2003.pdf).

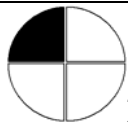
Sähköiset lähteet

- 13 [www-sivu].[Viitattu 28.2.2007] Saatavissa:
<http://www.americanmachinetools.com>
- 14 [www-sivu].[Viitattu 28.2.2007] Saatavissa:
<http://www.west-tronic.fi>
- 15 [www-sivu].[Viitattu 3.3.2007] Saatavissa:
<http://www.fastems.fi>
- 16 [www-sivu].[Viitattu 28.2.2007] Saatavissa:
<http://www.vertical-machining-center-1.com>
- 17 [www-sivu].[Viitattu 4.3.2007] Saatavissa:
<http://www.valmet-automotive.com>
- 18 [www-sivu].[Viitattu 4.3.2007] Saatavissa:
<http://www.hervannankoneistus.fi>
- 19 [www-sivu].[Viitattu 6.3.2007] Saatavissa:
<http://info2.info.tampere.fi/eta/valimo2/index.htm>

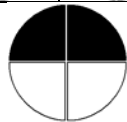
Osaamiset	Käyttäjä 1	Käyttäjä 2	Käyttäjä 3	Käyttäjä 4	Käyttäjä 5	Käyttäjä 6	Käyttäjä 7	Käyttäjä 8	Käyttäjä 9	Käyttäjä 10	Käyttäjä 11	Käyttäjä 12
FM-järjestelmän ja koneistuskeskusten käynnistäminen sekä tuotantovalmiuteen saattaminen / palauttaminen												
Työkaluhuollon suorittaminen, rikkoutuneiden työkalujen vaihtaminen, työkalujen esiasetus / mitta												
Työkalutietojen syöttäminen / muuttaminen, työkaluvalvonnan arvojen nollaus / muuttaminen												
Latausasemien käyttö, palettien tilaus / lähetys, järjestelmän ohjaus MMS Process-ohjelmistolla												
Tuotannon suunnittelu ja aikataulutus, perustietojen ja valmistusreittien syöttäminen MMS Process-ohjelmistolla												
FM-järjestelmässä koneistettavien työkappaleiden vaihtaminen, mittaaminen ja laadun tarkkailu sekä ylläpito												
Kiinnitinten vaihtaminen, asetusten tekeminen, nollapisteiden haku ja asetus, ohjelmien sisäänajo												
Fanuc 0M, 16M, 16iM, 18iMB ohjauksen hallinta, Fastems RTS-työkalumakasiinin hallinta												
Koneistuskeskusten ohjelmointi, ohjelmamuutosten tekeminen, työstöarvojen laskeminen, makro-ohjelmointi												
Erikoisosaaminen kuten CAM-mallinnus ja ohjelmointi, koneistusmenetelmien ja työkalujen kehittäminen												



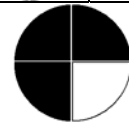
Haluaa oppia



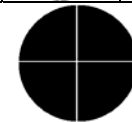
25 % osaaminen



50 % osaaminen



75 % osaaminen



100 % osaa täysin