

Tom Martin

# Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kehittäminen IT-järjestelmien avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Insinööriytyö

7.5.2018

Tekijä Otsikko	Tom Martin Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kehittäminen IT-järjestelmien avulla
Sivumäärä Aika	29 sivua 7.5.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutus	Tuotantotalous
Suuntautumisvaihtoehto	Tilaus-toimitusketjun hallinta ja liiketoiminta
Ohjaajat	Head of Quality Pekka Syvänen Lehtori Sakari Lind
<p>Insinööriyön tavoitteena oli kuvata kohdeyrityksen haasteet tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa käytössä olevien työkalujen näkökulmasta sekä avata tilaajalle näihin toimintoihin kehitettyjen IT-järjestelmien antamia mahdollisuuksia parantaa kohdeyrityksen tilannetta.</p> <p>Työssä perehdyttiin kohdeyrityksen tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen tämänhetkiseen tilanteeseen ja sen haasteisiin. Kohdeyrityksen keskeisimpänä haasteena on tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen työkalujen riittämättömyys hallita monimutkaista tuotantoa. Hienokuormitusjärjestelmät, kuten MES (Manufacturing Execution System)- ja APS (Advanced Planning System) -järjestelmät, ovat perinteisen toiminnanohjausjärjestelmän rinnalle kehitettyjä järjestelmiä, jotka täydentävät toiminnanohjausjärjestelmän puutoksia tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen osalta, jos toiminnanohjausjärjestelmässä ei näitä ominaisuuksia ole. Mahdollisia tapoja vastata edellä mainittuun haasteeseen etsittiin vertailemalla hienokuormitusjärjestelmätoimittajia ja niiden tarjoamia ratkaisuja.</p> <p>Insinööriyön tuloksena syntyi tiivis ja asiapitoinen katsaus tuotantoympäristöön kehitetyistä ohjausjärjestelmistä yleisellä tasolla ottamatta kantaa käytössä olevan toiminnanohjausjärjestelmän rooliin tai puutoksiin.</p> <p>MES- ja APS-järjestelmien hyödyntäminen nostaisi kohdeyrityksen tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen tasoa. Tuotannonsuunnittelija pystyy tarkastamaan kulloisenkin tilanteen tuotantoa rajoittavat tekijät ja näin ollen ennaltaehkäisemään ongelmatilanteiden syntymistä. Tuotannon simulointimahdollisuus avustaa tuotannonsuunnittelijaa luomaan vaihtoehtoisia tuotantosuunnitelmia ja valitsemaan niistä tilanteeseen parhaiten sopivan suunnitelman. Tuotannonohjauksessa järjestelmä parantaa tuotannon reaaliaikaista raportointia ja työn teon edellyttämän tiedon välittämistä työpisteisiin. Laadukas ja reaaliaikainen raportointi mahdollistaa tuotannon mittariston kehittämisen, jotta työnjohdolla on aina ajan tasalla oleva tieto tuotantoprosessien senhetkisestä tilanteesta.</p>	
Avainsanat	MES, APS, tuotannonsuunnittelu, tuotannonohjaus

Författare Rubrik Antal sidor Tid	Tom Martin Utveckling av produktionsplanering samt styrning med hjälp av IT-system 29 sidor 7.5.2018
Utbildning	Ingenjör (YH)
Utbildningsprogram	Industriell ekonomi
Inriktningalternativ	Flödesekonomi och affärsverksamhet
Handledaren	Head of Quality Pekka Syvänen Lektor Sakari Lind
<p>Syftet med avhandlingen var att beskriva målbolagets utmaningar när det gäller verktyg som används i produktionsplanering och styrning samt att öppna upp för kunden de möjligheter IT-systemen medför för att förbättra målbolagets situation.</p> <p>I denna avhandling bekantade vi oss med den nuvarande situationen och utmaningarna i målbolagets produktionsplanering och styrning. Den viktigaste utmaningen för målföretaget är otillräckligheten i produktionsplanerings- och styrningsverktygen för att hantera den komplexa produktionen. Produktionssystem, som MES och APS-system, är utvecklade för att komplettera ERP-systemets brist på produktionsplanering och styrning om ERP-systemet inte har dessa funktioner. Sätt att svara på ovanstående utmaning söktes genom att jämföra produktionssystemleverantörerna och deras lösningar.</p> <p>Som ett resultat av avhandlingsarbetet uppnåddes en sammanfattande och innehållsbaserad översikt över de system som utvecklats för produktionsmiljön på en allmän nivå utan att ta hänsyn till rollen eller bristerna i det befintliga ERP-systemet.</p> <p>Att utnyttja MES- och APS-system skulle öka nivån av produktionsplaneringen och styrningen i målbolaget. Produktionsplaneraren kan kontrollera begränsningarna i produktionen av den nuvarande situationen och därmed förhindra problemsituationer. Simulerings alternativet av produktionen hjälper produktionsplaneraren att skapa alternativa produktionsplaner och välja den plan som bäst passar till situationen. I produktionsstyrningen förbättrar systemet realtidsrapporteringen av produktionen samt överföringen av information som krävs för arbetet till arbetsstationerna. Högkvalitativ- och realtidsrapportering möjliggör utvecklandet av produktionsmätaren för att hålla arbetsledningen aktuell gällande produktionsprocessernas nuvarande tillstånd.</p>	
Nyckelord	MES, APS, produktionsplanering, produktionsstyrning

Author Title Number of Pages Date	Tom Martin Development of production planning and steering with help of IT-systems 29 pages 7 <sup>th</sup> of May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management
Professional Major	Supply Chain Management and Business
Instructors	Pekka Syvänen, Head of Quality Sakari Lind, Senior Lecturer
<p>The aim of the thesis was to describe the challenges of the target company in terms of tools used in production planning and control and to open up to the subscriber the opportunities IT systems could bring to improve the situation.</p> <p>In this thesis we examined the current situation and challenges of the target company's production planning and control. The main challenge for a target company is the inadequacy of production planning and control tools to manage complex production. Production systems such as MES and APS systems are systems alongside the traditional ERP system, which complement shortcomings of the ERP in production planning and control if ERP systems do not have these features. Possible ways of responding to the above challenge were sought by comparing the production system suppliers and their solutions.</p> <p>The result of the thesis was a close and thorough analysis on a general level of the systems developed for the production environment without taking into account the role or deficiencies of the existing ERP system.</p> <p>Utilizing MES and APS systems would increase the level of production planning and control in the target company. The production planner is able to check the constraints of the production in the current situation and thus prevent problem situations. The ability to simulate production assists the production planner to create alternative production plans and to choose the plan that best suits the situation. In production control, the system improves the real-time reporting of production and the transfer of information required for work to the workstations. High-quality and real-time reporting enables the development of metrics to provide real-time information of the current state of production processes.</p>	
Keywords	MES, APS, production planning, production control

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	K. Hartwall Oy Ab	2
3	Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus	3
3.1	Tuotannonsuunnittelu K. Hartwallilla	5
3.2	Tuotannonohjaus K. Hartwallilla	6
3.3	Tuotannon haasteet	7
4	Hienokuormitusjärjestelmät ja niiden tarpeellisuus	9
4.1	ISA-95-standardi	11
4.2	MESA-yhdistys	12
4.3	MES-tuotannonohjausjärjestelmä	13
4.4	APS-tuotannonsuunnittelujärjestelmä	16
5	Hienokuormitusjärjestelmätoimittajat Suomessa	18
5.1	Toimittajan valintaprosessi	18
5.2	Delfoi Oy	21
5.3	SW-Development Oy	22
5.4	Leanware	23
5.5	Yhteenveto toimittajien ratkaisuista	24
6	Hienokuormitusjärjestelmien antamat mahdollisuudet K. Hartwallille	25
6.1	APS-järjestelmän tukemaa tuotannonsuunnittelua tulevaisuudessa	25
6.2	MES-järjestelmän tukema tuotannonohjaus tulevaisuudessa	27
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

## Lyhenteet

MES	Manufacturing Execution System
APS	Advanced Planning System
MTO	Make To Order
ETO	Engineered To Order
ERP	Enterprise Resource Planner
ISA	International Society of Automation
MOM	Manufacturing Operations Management
BOM	Bill of Material
MRP	Material Resource Planning
S&OP	Sales & Operation Planning

## 1 Johdanto

Nykyään puhutaan digitalisaatiosta, big datasta ja teollisesta internetistä. Valmistavassa teollisuudessa on nousevana trendinä käyttää perinteisen toiminnanohjausjärjestelmän rinnalla tuotannosuunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä, jotka pystyvät joustavasti sopeutumaan yritysten muuttuviin tilanteisiin.

Yritysten tuotantoprosessit monimutkaistuvat, ja tuotantoa vaaditaan entistä enemmän vähentämään toiminnan kustannuksia, pitämään varastoja järkevällä tasolla, vastamaan paremmin asiakkaan tarpeeseen ja ylläpitämään tehokasta muutoksenhallintaa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu järjestelmäarkkitehtuuri, jossa järjestelmät kommunikoivat keskenään saumattomasti ja tuovat lisäarvoa päätöksentekoon, voi parhaimmillaan antaa yritykselle huomattavaa tehokkuutta ja tuottavuutta.

Insinööriyössä keskitytään varta vasten tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen kehitettyihin järjestelmiin. Tavoitteena on antaa tilaajayritykselle käsitys tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen perusteista, kuvailla kohdeyrityksen haasteita näissä toiminnoissa ja antaa hyvä pohjatieto hienokuormitusjärjestelmistä sekä niiden tuomasta mahdollisesta lisäarvosta tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen.

Työ etenee yritysesittelyn kautta tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen perusteisiin. Seuraavaksi kuvataan kohdeyrityksen tuotannosuunnittelu ja -ohjausprosessia yleisellä tasolla ja sen haasteita nykypäivänä. Järjestelmiä koskevassa luvussa kuvataan sitä, miksi näitä järjestelmiä on kehitetty toiminnanohjausjärjestelmien tueksi.

Työ jatkuu suomalaisten järjestelmätoimittajien ja niiden tarjoamien ratkaisujen esittelyllä sekä kirjoittajan visiolla tulevaisuuden tuotantomallista järjestelmien tukemana kohdeyrityksessä.

Työ tavoitteena on antaa K. Hartwallin päättäjille hyvä tietopohja, jonka perusteella yritys voi jatkaa syventymistä aiheeseen.

## 2 K. Hartwall Oy Ab

K. Hartwall Oy Ab on Sipoossa toimiva metallialan perheyrittäjä, joka kehittää ja valmistaa kuormankantajia teollisuuden eri aloille ja tarpeisiin. Yritys perustettiin vuonna 1932 valmistamaan patenttikorkkeja Hartwallin juoma- ja panimotehtaalle.

1970- ja 80-luvulla yritys kehittyi, jolloin ryhdyttiin valmistamaan rullakoita, ostosvaunuja ja myymälähyllyjä. Näiden tuotteiden ohella ryhdyttiin myös valmistamaan turvavöitä Saabille ja Volvolle, mikä opetti yritystä palvelemaan vaativia asiakkaita. 1990-luvulla yritys kasvoi voimakkaasti ja liikevaihto kolminkertaistui viidessä vuodessa. (Enbom 2002.)

Yrityksen tuotanto on keskitetty Sipooseen, missä yrityksellä on kaksi tehdasta. Tuotanto on pitkälle automatisoitu, ja yrityksellä on myös oma sähkösinkityslaitos. Yrityksellä on työntekijöitä globaalisti 140 henkilöä, joista Suomessa 130 henkilöä.

Liikevaihto vuonna 2016 oli 52 miljoonaa euroa. Yhtiöllä on valmistusta myös Keski-Euroopassa, Aasiassa ja Valko-Venäjällä. K. Hartwallilla on voimassa oleva ISO 9001 -laatusertifikaatti ja ISO 14001 – ympäristösertifikaatti. (Henkilöstötietopaketti 2017.)

Nykypäivänä K. Hartwall on maailman johtava teollisuuden kuormankantajien kehittäjä ja valmistaja. Yrityksellä on oma tuotekehitysyksikkö, joka jatkuvasti parantaa olemassa olevia tuotteita sekä kehittää omia tai asiakkaiden toiveiden mukaisia tuotteita.

Globaalilla tuotannolla yritys pyrkii valmistamaan tuotteitaan lähellä asiakasta, jotta kustannustaso pysyisi kohtuullisena. Yritys toimittaa tuotteitaan yli 50 maahan. Myös sopimusvalmistajilla valmistetut tuotteet kantavat yhtiön brändiä, jolloin prosessien on oltava samat valmistuspaikasta riippumatta. Yhtiön asiakaskunta koostuu tunnetuista isoista toimijoista, esimerkiksi autoteollisuuden alihankkijoista, minkä myötä LEAN-tuotantoperiaatetta pyritään myös noudattamaan yrityksessä.

Asiakassegmentteinä voidaan mainita postilogistiikka, meijeriteollisuus, juomateollisuus ja jakelulogiikka. Yli 80 % Suomen tuotantoyksikön valmistamista tuotteista menee vientiin. Uusina markkina-alueina voidaan mainita mm. Venäjä, Pohjois-Amerikka sekä Etelä-Amerikka.



### 3 Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus

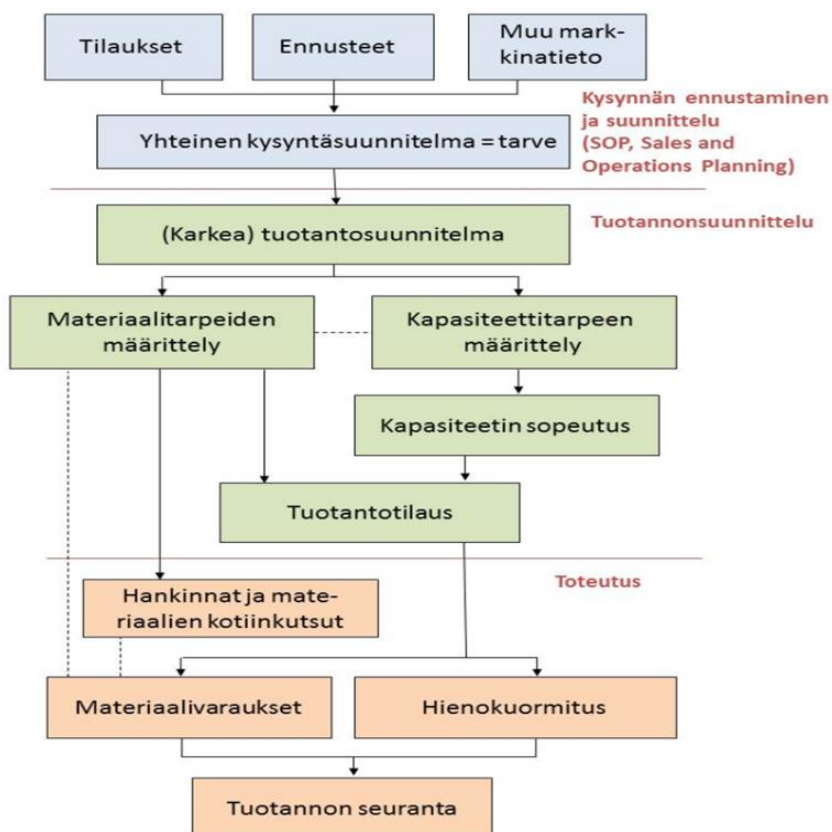
Tuotannonsuunnittelun tavoitteena on suunnitella ja ohjata asiakastarpeen perusteella materiaali- ja kapasiteettitarpeita, jotta tuotanto voisi tehokkaasti ja laadukkaasti tyydyttää asiakkaan tarpeet ja saavuttaa muut tavoitteensa osana yrityksen toimintaa.

Tuotannonsuunnittelun tärkeimmät osa-alueet ovat materiaalin ja kapasiteetin suunnittelu. Yhteisesti sovitun kysyntäsuunnitelman perustella luodaan yleensä karkean tason tuotantosuunnitelma, josta lasketaan materiaalit tarpeet huomioiden materiaalien varastotilanne ja toimitusputkessa olevat tulevat toimitukset. Tämä tieto puolestaan on perustana materiaalihankinnoille ja materiaalien kotiinkutsuille.

Materiaalit tarpeiden lisäksi määritellään kapasiteettitarpeet tuotannolle. Joissain tilanteissa kapasiteettitarpeita joudutaan tarkastelemaan laajemminkin tuotannon ulkopuolella, jos varasto- tai kuljetuskapasiteetti voi muodostua pullonkaulaksi. Kapasiteettia voidaan joutua sopeuttamaan joko henkilö- tai konekapasiteettia lisäämällä (tai vähentämällä) tai esimerkiksi alihankintaa hyödyntämällä.

Tuotantosuunnitelma tarkentuu usein tuotantotilausten tai tarkempien tuotantosuunnitelmien kautta materiaalivarauksiin ja hienokuormitukseen yksittäisten kapasiteetin kuormituspisteiden tasolla. Koko tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen prosessin alkupää toimii käytännössä jossain tietojärjestelmässä. Lattiatason ohjaus sen sijaan voi olla visuaalista, paikan päällä tapahtuvaa ohjausta tai tietojärjestelmässä tapahtuvaa ohjausta tai näiden yhdistelmää. (Tuotannonsuunnittelu 2017.)

Kuvassa 1 on kuvattu karkealla tasolla tuotannonsuunnittelun pääelementit. Tuotannonsuunnittelussa on alakohtaisia eroavaisuuksia ja painotuksia, joten tuotannonsuunnittelijan käytännön toimenkuva samoin kuin prosessin vaiheiden järjestys ja painotus voivat olla hyvinkin erilaisia toimialasta riippuen.



Kuva 1. Tuotannosuunnittelun pääelementit (Tuotannosuunnittelu 2017).

Tuotannosuunnittelu voidaan jakaa kolmeen pääelementtiin: ennustaminen, karkea suunnittelu ja hienokuormitus. Ennustaminen on budjetin ja kokonaisuuden suunnittelun keskeisimpiä lähtökohtia. Ennusteiden avulla pyritään arvioimaan tulevaisuuden kysyntää sekä sopeuttamaan kapasiteettiä ja materiaaliavarastot tulevaisuuden tuotantotarpeisiin. (Haverila ym. 2009: 413.)

Karkeasuunnittelu on astetta tarkempaa suunnittelua. Aikajänne on tiheämpi ennustamiseen verrattuna. Lähtökohtana on olemassa oleva tilauskanta, tuotteiden tai raaka-aineiden varastotilanne sekä valmistusbudjetin tavoitteet. (Haverila ym. 2009: 417.)

Hienosuunnittelun tehtävänä on valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu. Tuloksena syntyy tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. Hienosuunnittelussa muodostetaan tuotantoerät, suunnitellaan tuotantoerän eri työvaiheiden ajoitus ja luodaan tarkka suunnitelma tuotantoresurssien käytöstä. (Haverila ym. 2009: 417.)

Tuotannonohjauksen tehtävänä on valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu, työn jakelu, työtehtävien ohjaaminen, valvominen ja raportointi. Valmistuksen ohjaus perustuu useimmiten erilaisiin työmääriin.

Työmääräin määrittelee suoritettavan työvaiheen tai valmistettavan tuotteen. Työmääräimet tulostetaan tavallisesti yrityksen tuotannonohjauksen tietojärjestelmillä. Työmääriä voidaan käyttää työjärjestyksen suunnitteluun. (Haverila ym. 2009: 425.)

### 3.1 Tuotannosuunnittelu K. Hartwallilla

K. Hartwallin tilauskanta on suhteellisen kirjava. Sarjakoot voivat olla yhdestä päivästä jopa useisiin kuukausiin riippuen tuoteperheestä. Tyypillisimmät pitkät sarjakoot ovat esimerkiksi jakelu- ja postirullakko-tuoteperheissä, kun taas vastaavasti lyhyet sarjat alustavaunu-tuoteperheessä.

Pienten sarjakokojen perheissä on myös huomattavasti enemmän muutoksia tilauksissa. Näitä muutoksia voivat olla kappalemäärät, toimitusehdot, toimitusajat ja jopa tilausten peruuntumiset.

K. Hartwallin tilauskanta on myös sesonkipainotteinen. Tuotantopiikit ajoittuvat yleensä kaupallisten sesonkien yhteyteen, kuten esimerkiksi pääsiäinen, juhannus, koulun alkamisajankohta ja joulukuu. Syksy on ylivoimaisesti kiireisintä aikaa, ja ajoittain tuotanto on käynnissä seitsemänä päivänä viikossa kolmessa vuorossa, jolloin tuotannon henkilöstön määrä kasvaa vuokra- ja määräaikaishenkilöstöllä jopa 40–50 %.

K. Hartwallin tuotannon periaatteena on MTO (Make To Order) ja ETO (Engineered To Order) eli suurin osa tuotteista suunnitellaan ja valmistetaan tilauksesta. Joitain tuotteita valmistetaan kuitenkin varasto-ohjautuvasti. Tuotanto on jaettu kahteen arvovirtaan: standardituotteet ja projektituotteet. Molemmilla arvovirroilla on omat tuotannosuunnittelijat, mutta resurssit eli koneet ja ihmiset ovat yhteisiä.

Standardituotteet ovat niin sanottuja vakiotuotteita, joita valmistetaan suhteellisen tasaisin väliajoin. Projektituotteet voivat olla uusia tuotteita, isoja pitkäkestoisia tilauksia tai harvoin tilauksessa olevia tuotteita.

Tuotannosuunnittelussa kuormitetaan hitsausrobottiasemia, jotka on tunnistettu tuotannon pullonkauloiksi. Hitsausasemia on 12, mutta kaikki koneet eivät ole samanlaisia, vaan jotkut ovat hitsausaltaan isompia ja jotkut pienempiä. Toisin sanoen hitsauspöydän koko määrittää, millaisia tuotteita sillä voi hitsata.

Standardituotteiden puolella on varattuja koneresursseja joillekin tuotteille, koska tilauskanta on suhteellisen vakio. Koneita kuormitetaan saapuvan tilauksen tai kyselyn järjestyksessä.

Tuotannon kuormitus voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, jotka ovat karkea- ja hienokuormitus. Tilauksen tai kyselyn osalta kuormitetaan ensimmäisenä hitsausrobotit useita viikkoja eteenpäin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tilausmäärä jaetaan viikoille hitsausvauhdin mukaan. Seuraavassa vaiheessa määritellään lähetyserät viikkoa kohti, ja sen perusteella tilaus muodostetaan ERP-järjestelmään.

Tuotannosuunnittelulla on käytössä useita Excel-taulukoita hienokuormitukseen, henkilökapasiteetin seurantaan tai ohjaamiseen. Suunnittelijoilla on lisäksi lukuisia selainpohjaisia taulukoita, joista näkee helpommin tuotteen valmistukseen tarvittavat materiaalit ja varastosaldot kuin itse toiminnanohjausjärjestelmästä. Yrityksellä on käytössä myös ohjelmisto, jolla pystyy lataamaan itse määriteltä tietoa toiminnanohjausjärjestelmästä ja esittämään tämän tiedon visuaalisesti esimerkiksi Excel-taulukoiden avulla.

Kun tilaus on luotu ERP-järjestelmään, eri toiminnot kuormittavat tarvittavat muut koneresurssit päiväkohtaisesti. Tätä kutsutaan tässä tapauksessa hienokuormitukseksi. Tämä päiväkohtainen määrä on myös tuotannon päivätason tavoite.

### 3.2 Tuotannonohjaus K. Hartwallilla

Tuotannonohjauksen tehtävänä on tulostaa työmääräimet, piirustukset ja muut tarvittavat dokumentit. Tuotannonohjauksen vastuulla on myös raportoida valmistuneet kappaleet erillisiin Excel-taulukoihin. ERP-järjestelmään raportoidaan valmistuneet kappaleet, jotta toteutuma kuluttaa oikean määrän materiaalia.

Jokaisessa valmistusvaiheessa on vähän erilainen tapa raportoida toteutumia. Hitsauksen esiprosessit raportoivat suoraan toiminnanohjausjärjestelmään, koska niillä on käytössä käyttöliittymä ERP-järjestelmään.

Hitsausroboteilla on käytössä esitulostetut työmääräimet, jotka toimivat myös valmistus-erien saattokortteina. Hitsausroboteilla ylläpidetään myös nk. päiväkirjaa, johon raportoidaan valmistuneet kappaleet, häiriöt ja muuta vastaavaa tietoa.

Pintakäsittelyvaihetta ei raportoida ERP-järjestelmään, vaan pintakäsiteltävä materiaali siirtyy varastosiirtona hitsatun materiaalin varastosta pintakäsitellyn materiaalin varastoon. Kokoonpanossa raportoidaan valmistuneet kappaleet työpistekohtaisiin päiväkirjoihin ja tapahtumat viedään keskitetysti toiminnanohjausjärjestelmän.

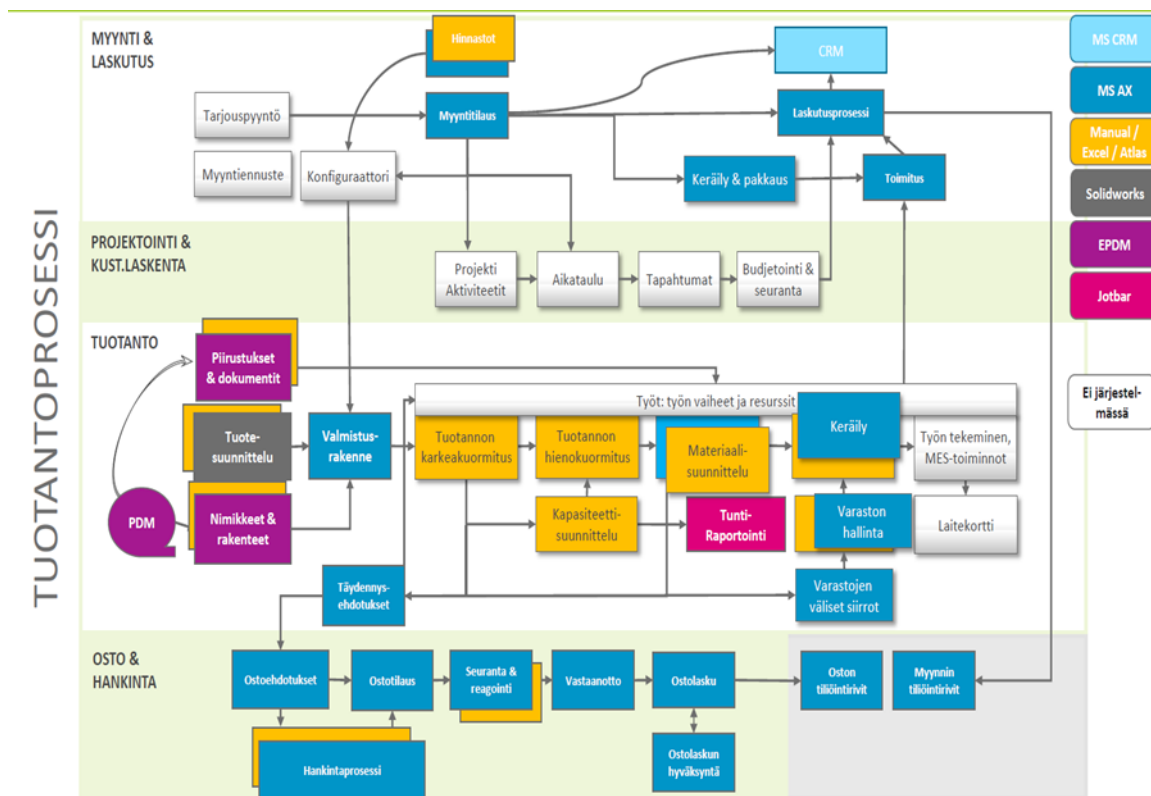
Jokaisessa tuotannonprosessissa suoritetaan myös eritasoisia laadunvarmistustoimenpiteitä. Nämä tulokset dokumentoidaan papereille, jotka kerätään jokaisen vuoron jälkeen yhteen ja arkistoidaan.

Eri prosessit tarvitsevat myös muita tietoja ennen varsinaisen valmistamisen alkamista. Näitä tietoja ovat yleensä tuotteiden piirustukset, asiakaskohtaiset erityisvaatimukset ja tuotekohtaiset työohjeet. Nämä tiedot eivät ole toiminnanohjausjärjestelmässä, vaan muissa tietojärjestelmissä. Piirustukset saadaan näkymään tai tulostettua toiminnanohjausjärjestelmän kautta, mutta vain niissä työpisteissä, joissa on käyttöliittymä järjestelmään. Muissa työpisteissä ollaan tulostettujen dokumenttien varassa.

### 3.3 Tuotannon haasteet

Sarjakokojen pienentyminen, tuotevariaatioiden kasvu ja sesonkipainotteisuus luovat haasteita niin tuotannonsuunnittelulle kuin -ohjaukselle. Tuotannonsuunnittelija joutuu ottamaan huomioon kone-, materiaali-, henkilö- ja työkaluresurssit ja jopa henkilöiden osaamistasoja, kun hän aikatauluttaa tilauksia ja antaa toimitusaikoja.

Kuvassa 2 kuvataan järjestelmien eri roolitukset tuotantoprosessien eri vaiheissa. Kuvasta voidaan myös nähdä ne vaiheet missä ei ole järjestelmien tukea vaan nämä hoiduvat pääsääntöisesti erillisillä Excel-taulukoilla tai ovat paperimuodossa.



Kuva 2. Tuotantoprosessin ja järjestelmien roolitukset eri vaiheissa K. Hartwallilla (Roima 2017).

K. Hartwallin tuotantotapaa on viime vuosina kehitetty joustavampaan suuntaan. Suomen tuotantoyksikön konekanta on uudistettu voimakkaasti, ja LEAN-tuotantotapaa on implementoitu mm. virtauttamalla tuotantoa sekä arvovirta-ajattelulla että visuaalisella ohjauksella.

Vaikka itse fyysinen tuotanto olisi joustavaa, ei se tarkoita, että käytössä olevat työkalut olisivat yhtä joustavia. Nopeat muutokset ovat osoittautuneet hyvin vaikeiksi hallita nykyisessä ERP-järjestelmässä. Tätä vajetta on vuosien varrella paikattu erilaisilla Excel-taulukoilla ja selainpohjaisilla raporteilla. Näiden taulukoiden etuna voidaan pitää käyttäjävälisyyttä ja visuaalisuutta, mutta tieto kulkee ainoastaan yhteen suuntaan.

ERP-järjestelmä aikatauluttaa vaiheet ja materiaalit tarpeet tuoterakenteen, reitityksen, tehdaskalenterin ja resurssien kapasiteetin mukaan. Nämä kaikki parametrit ovat jo ole-

massa, kun itse tilaus viedään järjestelmään. Jos ja kun tulee muutoksia itse valmistustapaan, järjestelmä ei enää ole ajantasainen ilman, että tehdään muutoksia parametreihin. Näiden parametrien päivittäminen vastaamaan kaikkia tehtyjä muutoksia on hankalaa.

Valmistustapamuutoksella voidaan tarkoittaa esimerkiksi sitä, että siirrytään useampaan vuoroon tai pilkotaan työmäärä useammalle työpisteelle. Yleisesti nämä muutokset tulevat ajankohtaisiksi silloin, kun tuotantoa ei eri syistä päästä aloittamaan suunnitellusti tai sarjan aikana on tullut tuotantojättämää, jolloin tuotantoaikataulua pyritään kuroma kiinni.

ERP-järjestelmästä saa kyllä luotua tiettyjä kapasiteettinäkymiä, mutta ne eivät yleisesti pidä paikkaansa edellä mainittujen asioiden vuoksi. Tuotannon tilan hahmottaminen niin yleisellä kun yksityiskohtaisella tasolla on hankalaa ja jopa mahdotonta nykyisessä järjestelmässä. Voidaan todeta, että ERP-järjestelmän antama tieto on paikkansapitävää viikkotasolla, mutta ei päivätasolla.

Tuotannosuunnittelun isoimpana haasteena voidaan pitää eritasoisten näkymien puutetta, minkä perusteella simuloidaan kuormitusaste eri prosesseissa. Tuotannosuunnittelija peilaa vapaata kapasiteettia yleisesti vapailla hitsausroboteilla, vaikka todellisuudessa pullonkaula voi muodostua jossain ihan eri prosessissa. Tämä johtuu siitä, että eri tuotteet vaativat eri määrän yksittäisiä tuotantoprosesseja. ERP-järjestelmässä ei pysty simuloimaan kuormitusta eri prosesseissa.

#### **4 Hienokuormitusjärjestelmät ja niiden tarpeellisuus**

Toiminnanohjausjärjestelmät tarjoavat harvoin riittäviä työkaluja monimutkaisten tuotantoprosessien hallintaan, simulointiin ja optimointiin. Yleisesti yrityksissä yritetään paikata tätä vajetta erillisillä Excel- tai muilla vastaavilla ratkaisuilla. (SW-Development 2015.)

Nykyisien, pääasiassa Excel-sovelluksilla tapahtuvien hienokuormitus- ja aikataulutusten menetelmien ongelma liittyy suunnittelun hitauteen, virhealttiuteen ja läpinäkymättömyyteen eri valmistusyksiköiden välillä.

Toiminnanohjausjärjestelmien tuotantomalli on tarkoitettu karkeamman kapasiteettitarpeen suunnitteluun, ja ERP-järjestelmistä puuttuvat yleisesti hienosuunnitteluominaisuudet. Tämä aiheuttaa epätarkkuutta koko tuotantoketjuun niin aikataulujen, kustannusten, kapasiteetin kuin toimitusajankohtienkin osalta. (Delfoi Oy 2015.)

FIMECC:n (Finnish Metals and Engineering Competence Cluster) MANU-ohjelman LeanMES-hankkeessa syksyllä 2013 ja keväällä 2014 tehtyjen yrityshaastattelujen mukaan vain muutamalla haastatellulla yrityksellä oli käytössään jonkinlainen tuotannonohjausjärjestelmä. Tuotannosuunnitteluun ja hienokuormitukseen tarkoitettua järjestelmää ei ollut yhdelläkään haastatelluista yrityksistä. Sen sijaan tuotantoa pyritään suunnittelemaan ERP:n ja useiden erilaisten Excel-taulukoiden varassa. Ongelmana niissä on se, että muutostilanteisiin reagoiminen on erittäin kankeaa ja muutosten toteuttaminen vaatii paljon manuaalista työtä.

ERP, Excelit-taulukot, paperidokumentit ja muut tiedonkeruuseen käytetyt järjestelmät eivät ole integroituja keskenään, joten tietoa joutuu päivittämään useisiin eri paikkoihin. Mahdollisuus inhimillisille virheille kasvaa, ja tiedon löytäminen sekä hyödyntäminen jälkikäteen on hankalaa. Useimmissa yrityksissä mainittiin tarve yhtenäistää tietojärjestelmiä, lisätä digitaalisuutta lattiatasolla ja päästä eroon hankalasti päivitettävistä paperidokumenteista. (Järvenpää & Lantz 2014.)

Lattiatasolla eniten häiriöitä aiheuttavat yllättävät muutostilanteet, kuten osapuutteet, laaturvirheet ja konerikot. Reaaliaikaisen tiedon puute esimerkiksi töiden etenemisestä, nähtiin ongelmana. Mm. komponenttien toimitusten viivästymistä on hankala ennakoida, koska asiakkaan ja alihankkijan välillä ei ole läpinäkyvyyttä.

Joissain tapauksissa päämiehet tarjoavat tärkeimmille alihankkijoilleen näkyvyyden omaan ERP-järjestelmäänsä, mutta toiseen suuntaan läpinäkyvyys puuttuu täysin. Tämä nähtiin useimmissa yrityksissä suurena haasteena. (Järvenpää & Lantz 2014.)

Kun puhutaan hienokuormitusjärjestelmistä, nousevat lyhenteet APS ja MES esiin. Nämä termit avataan tarkemmin opinnäytetyön luvuissa 4.3 & 4.4. Joissain lähteissä MES- ja APS-termit käsitellään kahtena erillisenä asiana ja joissain MES-termiin on

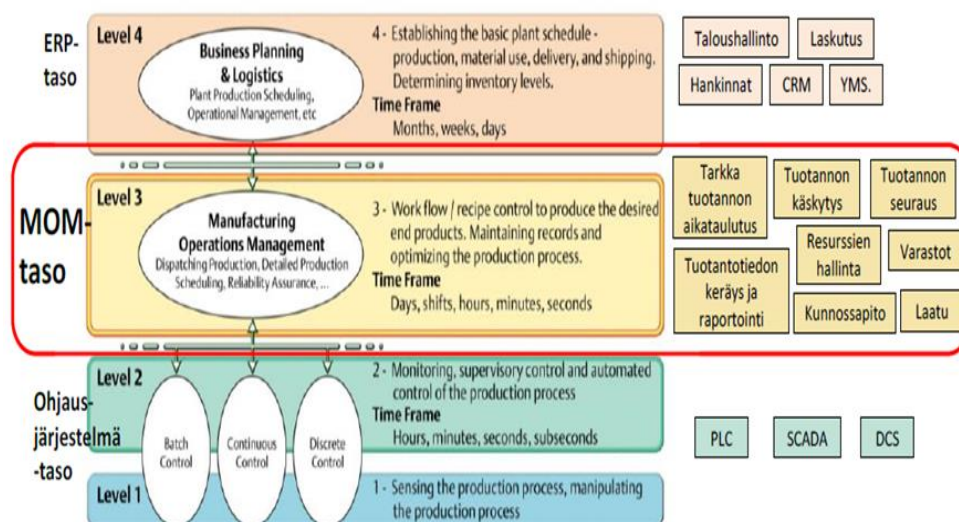


myös sulautettu termi APS. On olennaisen tärkeää muistaa, että vaikka joku puhuu termistä MES, se ei välttämättä sisällä APS-toimintoja, koska markkinoilla on myös puhtaasti MES- tai APS-järjestelmiä. (Järvenpää & Lanz 2014.)

MES/APS-järjestelmät ovat yleensä ERP-järjestelmiin integroituja hienokuormitus- ja seurantaohjelmistoja, jotka mahdollistavat vaihtoehtoisten suunnitelmien simuloinnin ja tuotannon ennakoivan suunnittelun. Materiaalipuutteet, henkilöstövajaukset, konerikot ja muut tuotantohäiriöt voidaan ennakoita poistaa, ja tuotanto optimoida kulloisenkin vaihtuneen tilanteen mukaan. (Delfoi Oy 2015.)

#### 4.1 ISA-95-standardi

ISA-95-malli on vuonna 1945 perustetun ISA:n (International Society of Automation) kehittämä standardi, joka määrittelee yrityksen sisäisten hallinnollisten ja tuotannollisten osien sekä kolmansien osapuolien ja toisten yritysten välistä integraatiota. ISA-95-standardin päämääränä on tarjota yritysmaailmalle kaikin puolin edullinen tapa eri sovellusten integroimiseksi keskenään. Tavoitteena on luoda tarvittavan tekniikan tarjoamisen lisäksi yleinen informaatiomalli, jonka perusteella tietoa vaihdetaan eri osapuolten välillä. Standardin ideana on toimia lähtökohtana, jonka perusteella kullekin yritykselle luotava yksilöllinen toimintamalli on hyvä rakentaa. Standardi keskittyy välitettävän tiedon sisältöön ja jakaa tiedonvälityksen hierarkiaksi eri tasoille kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. ISA-95 standardin mukaiset suunnittelun ja ohjauksen tasot ja niihin liittyvät toiminnot (Järvenpää & Lanz, 2014)

Standardi jakaa teollisuusyrityksen toiminnot viiteen tasoon. Tasot 0–2 sisältävät tuotannon fyysisen prosessin ja laite- tai automaatiotason. Taso 3 sisältää tuotannon operatiivisen toiminnan, jonka tuloksena syntyy haluttuja lopputuotteita. Taso 4 sisältää yritystason liiketoiminnan toiminnot.

ISA-95-standardi ei juurikaan ota kantaa siihen, mikä digitaalinen järjestelmä vastaa mistäkin toiminnosta tai toimintoalueesta. Standardi ei ota myöskään kantaa siihen, hoideaanko toiminnot digitaalisella järjestelmällä vai manuaalisella toimintatavalla.

ERP-järjestelmän lähtökohta on liiketoiminnan näkökulma. Niinpä esimerkiksi tehokkuuden, luotettavuuden ja käyttövarmuuden näkökulmasta on suositeltavaa, että ERP-järjestelmän lisäksi 3. tason toimintojen suorittamiseen hyödynnetään niitä varten erikseen kehitettyjä operatiivisia järjestelmiä. Niiden on kuitenkin syytä olla liitettynä toiminnanohjaustason järjestelmään. 3. tason operatiivisiin järjestelmiin viitataan usein termillä MOM (Manufacturing Operations Management).

## 4.2 MESA-yhdistys

MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) International on maailmanlaajuinen, voittoa tavoittelematon yhdistys, joka koostuu valmistavista yrityksistä, järjestelmätoimittajista, järjestelmäintegraattoreista, konsulteista, analyytikoista, toimittajista, akateemisista asiantuntijoista sekä opiskelijoista. Yhdistyksen tarkoituksena on parantaa yritysten tuloksia ja valmistustoimintoja käyttäen informaatioteknologiaa, järjestelmiä ja johtamisessa hyväksi havaittuja tapoja. MESA jäsenyritykset ja yksilöt kattavat kaikki tuotantotavat ja prosessit. (MESA International 2018.)

MESA tarjoaa erilaisia ohjelmia ja tapahtumia, jotka toimivat yhdessä auttaakseen valmistajia ymmärtämään paremmin informaatioteknologian luomat mahdollisuudet parantaa kannattavuutta, yritysarvoa, ketteryyttä ja asiakastytyvääisyyttä. (MESA International 2018.)

MESA julkistaa yhteistyössä CGI:n (Conseillers en Gestion et Informatique) kanssa vuosittaisen MES-tuotetutkimuksen (MES product survey), jonka tarkoituksena on antaa lukijalle puolueetonta vertailua eri järjestelmätoimittajien järjestelmistä. Julkaisu ei ole saatavilla ilmaiseksi, vaan se maksaa useita satoja euroja. (CGI 2018.)

Yritykset voivat hakea MESA:n tunnustuksen (MESA recognized business). Arvonimi osoittaa sen, että yritys toimii alan parhaiden käytäntöjen ja standardien perusteella ja panostaa MES/MOM-alueella jatkuvasti ammattitaidon, osaamisen ja toimintatapojen kehittämiseen. Asiakkaille se takaa puolueettoman, standardiin perustuvan ja kansainvälisesti tunnustetun osaamistason.

### 4.3 MES-tuotannonohjausjärjestelmä

MES tulee sanoista Manufacturing Execution System, jolla tarkoitetaan tuotannonohjausjärjestelmää. MES on tietojärjestelmä, joka toimittaa tarkkaa tietoa tuotannosta toiminnanohjauksen ja tuotannonsuunnittelun tarpeisiin.

1980-luvun puolivälissä huomattiin, etteivät ERP-järjestelmät tarjonneet niitä työkaluja, jotka valmistajat olisivat tarvinneet välittääkseen tietoa tuotantoympäristöön ja seurantaan siitä, mitä tuotannossa tapahtuu. Tämä avasi ovet MES-järjestelmiksi kutsutuille ohjelmistoille. Viimeisten vuosien aikana MES-järjestelmät ovat tulleet hyvin suosituiksi niiden tarjoamien työkalujen vuoksi. MES-järjestelmät ovat mahdollistaneet niin kutsutun paperittoman tuotannon, missä ei ole enää tarvetta raportoida paperille tai selailta paperisia dokumentteja. (Liddell 2015.)

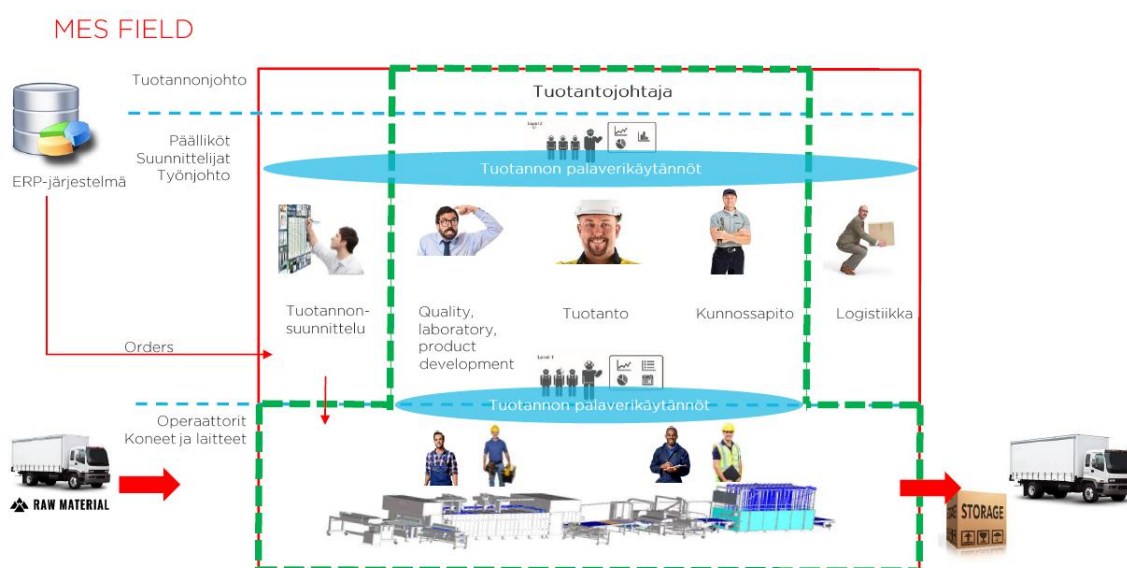
MES-järjestelmä eroaa perinteisistä tuotannonohjausjärjestelmistä näyttämällä työntekijälle vain ne tiedot, joita hän sillä hetkellä työtehtävässä tarvitsee. MES vähentää tuotannossa tarvittavien järjestelmien määrää, ja tuotannon työntekijän tarvitsee seurata vain yhtä näkymää. (Leanware 2017.)

Yksittäiset tuotantosolut ja työpisteet tarvitsevat erilaista tietoa työn suorittamiseen. Näitä tietoja voivat olla tuotepiirustukset, työohjeet, tarkastusohjeet, työjonot ja tilauskohdaiset erityisohjeet. MES-järjestelmän avulla kaikki tämä informaatio on mahdollista viedä yksittäiselle työpisteelle ilman riskiä, että työpiste käyttää väärää tietoa tuotteen valmistamiseen. MES-järjestelmä tunnistaa tilauksen tunnisteet ja voi näin ollen tarjota ainoastaan sille työvaiheelle tarkoitetut dokumentit tarkasteltaviksi. MES-järjestelmään pystytään raportoimaan kaikki tuotannon tapahtumat, kuten valmistusmäärät, laatukirjaukset, häiriöt ja poikkeamat. MES-järjestelmä on räätälöitävissä yrityksen tarpeisiin. Käyttöliittymän voi rakentaa hyvin yksinkertaiseksi, mikä helpottaa ja nopeuttaa huomattavasti raportointia.

MES-järjestelmä pystyy myös valvomaan tiedon laadukkuutta, ts. estämään virheellisen tiedon syöttämisen, kuten esimerkiksi tuotetut kappaleet, jos kappalemäärä poikkeaa työjonon rivin määrästä. Laatukirjauksissa voidaan käyttää tuotekohtaisia ohjeistuksia ja luoda tiedonkeruupohjia, joihin työntekijä raportoii esimerkiksi mittaustietoa. Jos tulokset ovat yli tai alle ennalta määritettyjen raja-arvojen, pystyy järjestelmä hälyttämään niistä ja näin ohjata työntekijää hakemaan apua tai työnjohtajaa käymään työpisteessä tarkastelemassa tilannetta.

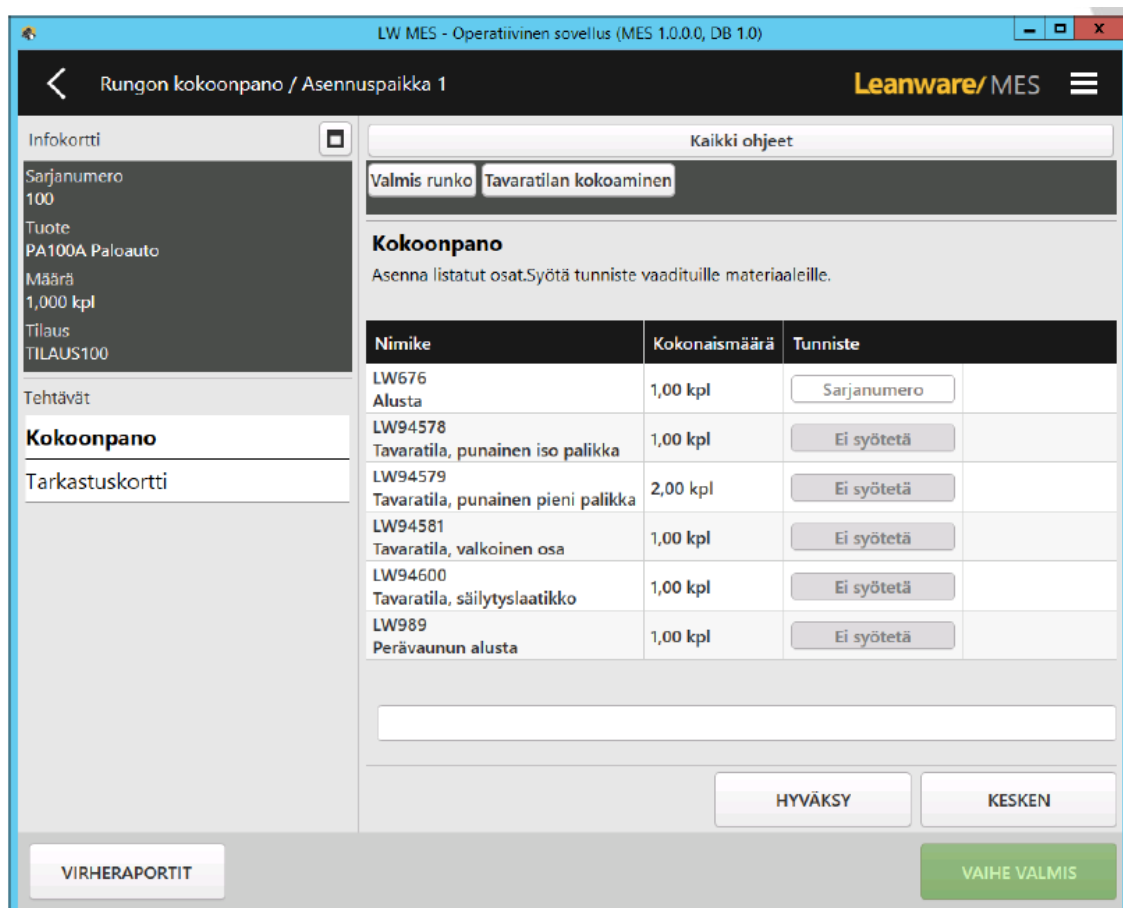
MES-järjestelmiin pystytään myös liittämään koneet ja laitteet, jolloin saadaan käyttöä järjestelmään ja koneiden virhelokit.

Kuvasta 4 voidaan nähdä mihin MES-järjestelmä sijoittuu yrityksen tilaus-toimitusketjussa. Järjestelmä sijoittuu tuotannosuunnittelun sekä logistiikan väliin. Näin ollen voidaan todeta, että MES-järjestelmä on tuotannonohjauksen raportointityökalu.



Kuva 4. MES-järjestelmän sijoittuminen tuotannosuunnittelun ja asiakkaan väliin tilaus-toimitusketjussa (Arrow 2017).

Kuva 5 osoittaa esimerkinomaisesti miltä MES-järjestelmän käyttöliittymänäkymä voisi näyttää. Kaikki työntekijän tarvitsema oleellinen tieto on joko suoraan esitetty tai valikkojen takana. Työntekijällä on näin ollen kaikki oleellinen tieto saatavilla yhdestä paikasta.



Kuva 5. MES-järjestelmän esimerkinomainen käyttöliittymänäkymä (Leanware 2018).

Tehokas ja hyvin toteutettu MES-järjestelmä varmistaa, että kaikki työt tulevat tehdyiksi ja tehdyiksi määritetyllä tavalla. Järjestelmä varmistaa myös sen, että käyttäjä saa kaiken tarvitsemansa tiedon. Samalla myös inhimilliset virheet vähenevät merkittävästi. (Arrow 2017.)

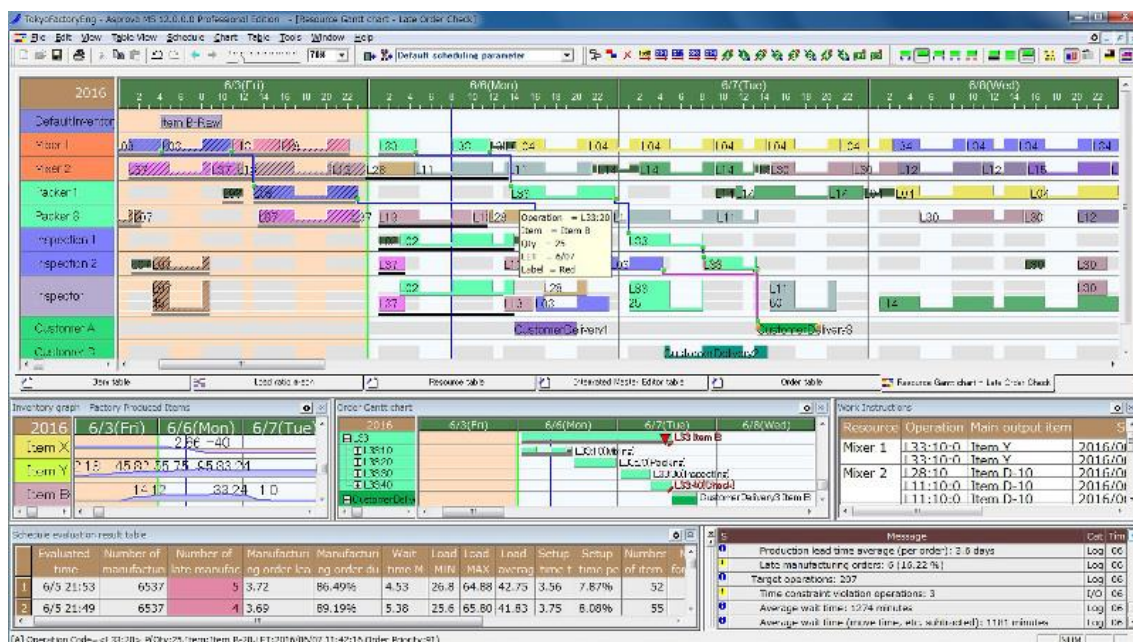
MES-järjestelmä antaa työkalut tuotannon johtamiseen ja kehittämiseen sekä operaattorin päivittäiseen työhön. Se mahdollistaa läpinäkyvän tuotannon, jossa raportit ovat reaaliaikaisia ja työnjohto sekä työntekijät voivat reaaliajassa tarkastella tuotannon tilaa kiinnostuksen kohteesta riippuen. (Kletti 2007.)

#### 4.4 APS-tuotannosuunnittelujärjestelmä

Lyhenne APS tulee englanninkielisistä sanoista Advanced Planning System. APS-järjestelmät ovat päätöksentekoa tukevia järjestelmiä, jotka yleisesti lisäosina täydentävät yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. APS-järjestelmät tarjoavat kehittyntä analytiikkaa ja optimointifunktioita, joiden tarkoituksena on tehostaa yrityksen tilaus-toimitusketjua. (Spinnakermmgmt 2014.)

APS-järjestelmät on kehitetty käsittelemään monimutkaisia arvovirtoja ja vaihtelevaa kysyntää. Järjestelmä pystyy synkronoimaan aikatauluja useissa tuotantosoluissa tai tuotantolinjoissa minuuteissa, ja se tarjoaa mahdollisuuden tarkastella vaihtoehtoisia ”mitä jos” -aikatauluja. Suurimman hyödyn APS-järjestelmästä saavat ne yritykset, joiden tuotantotapa on MTO (Make To Order), koska siinä varataan kapasiteettia. (Liddell 2015: 44.)

Kuvassa 6 esitetään esimerkinomaisesti Asprovan APS-järjestelmän suunnittelunäkymää.



Kuva 6. Asprova APS-järjestelmän suunnittelunäkymä (Asprova 2018).

APS-järjestelmät käyttävät pitkälle kehitettyjä matemaattisia algoritmeja laskentaan, esimerkiksi seuraavia:

1. Lineaarista ohjelmointia

Lineaarinen ohjelmointi on matemaattinen tekniikka, joka mahdollistaa optimaalisten ratkaisujen löytymisen tapauksissa, joissa käsitellään niukkoja resursseja.

2. Geneettisiä algoritmeja

Geneettiset algoritmit ovat luonnon evoluutiomekanismeja imitoivia heuristisia optimointimenetelmiä.

3. Heuristiikkaa

Heuristisen eli kokemukseen perustuvan arvioinnin tarkoituksena on löytää käytettävyysongelmia tuotteesta käyttämällä sitä ja kiinnittämällä huomiota sen käytössä ilmeneviin ongelmiin.

4. Rajoitusperusteista ohjelmointia (Subramaniam 2009.)

APS-järjestelmät hallitsevat monimutkaisia vaiheistussääntöjä, vaiheistusriippuvaisia vaihtoajoja ja moninkertaisia rajoitteita, kuten koneet, ihmiset, työkalut ja materiaalit. Tämä toiminnollisuus on tarpeen tasapainoisen ja yhteen liitetyn virtauksen saavuttamiseksi monimutkaisissa arvovirroissa. (Liddell 2015: 44.)

APS-järjestelmät sijoitetaan ERP- ja MES-järjestelmien väliin tietovirrassa. Tämä tarkoittaa, että APS-järjestelmä käyttää ERP-järjestelmän tietokantaa tuoterakenteiden, varastotasojen, tilausten ja kyselyiden osalta.

Itse APS-järjestelmässä luodaan tuotantoaikataulut, jotka jaetaan MES-järjestelmään työjonojen muodossa ja ERP-järjestelmään materiaalivarausten muodossa. MES-järjestelmään syötetyt valmistuksen toteutumien viedään takaisin APS-järjestelmään ja APS-järjestelmästä edelleen ERP-järjestelmään.

APS-järjestelmät voivat hyvin toteutettuna tuoda huomattavaa lisäarvoa yrityksen tuotannosuunnitteluun. APS-järjestelmillä voidaan mahdollisesti parantaa tuotannon läpimenoaikoja, koska tuotanto on suunniteltu optimaalisen virtauksen mukaan. Virtausta parantamalla päästään parempiin toimitusaikatauluihin, millä taas on positiivinen vaikutus asiakastytyvyyteen. (Subramaniam 2009.)

APS-järjestelmällä voidaan optimoida asetuksia, varastotasoja ja resurssien käyttöasetta, jotka viime kädessä vähentävät toiminnan kustannuksia (Subramaniam 2009).

## **5 Hienokuormitusjärjestelmätoimittajat Suomessa**

Suomesta löytyy muutama tuotannosuunnittelu- ja -ohjausjärjestelmäratkaisujen toimittaja. Tyypillistä näille toimittajille on, että ne pystyvät tarjoamaan kokonaisvaltaisia palveluita aina tuotannon tehostuskonsultoinnista tuotannon simulointiin ja järjestelmätoimituksiin. Useimmilla toimittajilla on oma tuotekehitys, joka jatkuvasti kehittää näitä järjestelmiä ja toteuttaa asiakkaan mahdollisesti toivomia toiminnallisuuksia järjestelmään. On myös toimittajia, joilla ei ole omia järjestelmiä, mutta ne myyvät konsultointi- ja implementointipalveluja, ja itse järjestelmät tulevat yhteistyökumppaneilta.

Oma tuotekehitys on suuri etu, koska usein näihin järjestelmiin joudutaan tekemään asiakaskohtaisia ratkaisuja eli räätälöintejä, jotta järjestelmä istuisi asiakkaan tuotantoprosessiin. Tällöin asiakkaan ei tarvitse tehdä kompromisseja järjestelmän suhteen, jos asiakkaan omat prosessit eivät kaipaa muutosta.

Seuraavaksi esitellään muutama Suomessa toimiva alan toimija, jotka mahdollisesti voisivat toimia myös K. Hartwallin yhteistyökumppanina.

### **5.1 Toimittajan valintaprosessi**

MES- ja APS-järjestelmätoimittajien valinnassa voidaan käyttää hyväksi samoja projektimalleja kuin missä tahansa järjestelmä- tai muussa sellaisessa hankintaprosessissa. Usein avainkysymykseksi nostetaan se, mitä olemassa olevassa tilanteessa halutaan muuttaa.



Yrityksellä tulisi olla selkeä kuva siitä, mitä järjestelmällä halutaan mahdollisesti parantaa ja miten kehitys voidaan mitata, ennen kuin lähestytään potentiaalisia toimittajia. Yrityksen tulisi myös tehdä niin sanottu järjestelmävaatimusdokumentti URS (User Requirement Specification), jossa tarpeet ja vaatimukset on kerrottu ainakin yleisellä tasolla. (MESA International 2014.)

Seuraavaksi kuvataan esimerkkinä MESA:n toimittajavalintamallia karkealla tasolla.

Valintaprosessi aloitetaan tekemällä pitkä listaus (long list) potentiaalisista toimittajista, jotka mahdollisesti täyttävät täysin tai osittain aikaisemmin määritellyt vaatimukset. Apuna voidaan käyttää aikaisemmin työssä mainittua CGI:n vuosittain julkaisemaa MES Product Surveyta etsittäessä potentiaalisia toimittajia. (Scholten 2009.)

Tämän jälkeen on vuorossa lyhyt listaus (short list). Tällä tarkoitetaan sitä, että karsitaan huonoiten sopivat toimittajat pois valintaprosessista. Jäljelle tulisi jäädä kahdesta neljään potentiaalista toimittajaa (MESA International 2014.) Kun karsinta on tehty, lähestytään listalla olevia potentiaalisia toimittajia ja pyydetään lisätietoa niiden tarjoamista järjestelmistä. Tässä vaiheessa voidaan myös antaa vasta-vuoroisesti toimittajalle aikaisemmin tehty järjestelmävaatimusdokumentti (URS), jotta se voi tutustua yrityksen tarpeisiin. (Scholten 2009.)

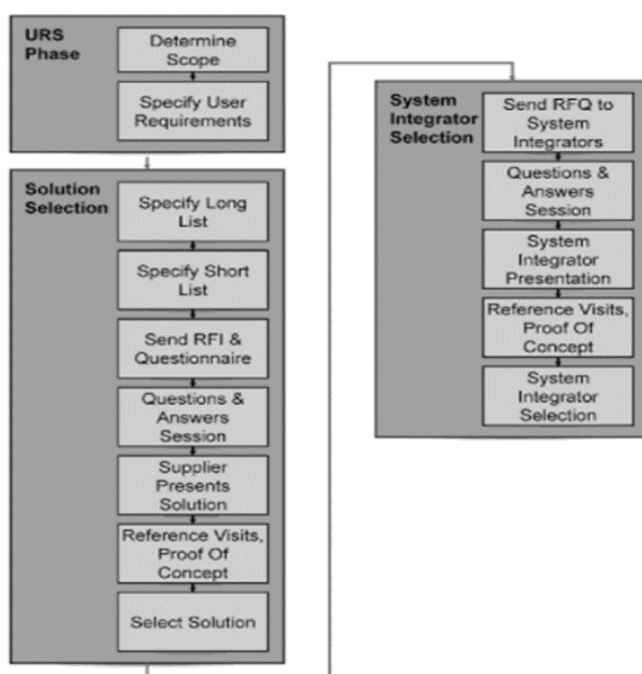
Tämän jälkeen sovitaan tapaamisia toimittajien kanssa. Näitten tapaamisten tarkoituksena on saada vastauksia kysymyksiin puolin ja toisin. Toimittaja voi pitää yritysesittelyn ja kertoa tarkemmin tarjoamistaan palveluista ja järjestelmistä. Tässä vaiheessa toimittaja voi myös esitellä yleisesti järjestelmää, jotta asiakasyritys näkee järjestelmän rakenteen. (MESA International 2014.)

Seuraavaksi sovitaan referenssikäyntejä samantyyppisiin yrityksiin, joissa voidaan haastatella referenssiyrityksen työntekijöitä järjestelmästä ja nähdä itse järjestelmä oikeassa käytössä.

Näitten vaiheiden jälkeen tulisi karsia toimittajia pois siten, että jää 1–2 toimittajaa, joiden kanssa keskustelu siirtyisi koekäyttövaiheeseen. Koekäyttövaihetta nimitetään yleisesti PoC-vaiheeksi. PoC on lyhennetty englanninkielisistä sanoista Proof Of Concept. (MESA International 2014.)

PoC on vaihe, jossa toimittaja antaa järjestelmän asiakkaan koekäyttöön, ja järjestelmässä on kuvattuina asiakkaan omat prosessit, ja siinä käsitellään yrityksen omaa tietoa. Yleisesti tällainen vaihe maksaa yritykselle, ja hintaan vaikuttaa se, kuinka laajasti asiakas haluaa järjestelmää koekäyttää. PoC-vaiheen jälkeen asiakasyritys voi valita mieluisimman toimittajan ja aloittaa neuvottelut itse järjestelmän täysimääräisestä toimittamisesta ja käyttöönotosta.

Kuvasta 7 voidaan nähdä kaikki ne vaiheet, jotka liittyvät toiminnallisuuksien kartoittamisesta, järjestelmätoimittajan ja järjestelmäintegraattorin valintaan



Kuva 7. Esimerkki toimittajavalintamallista (Scholten 2009).

Seuraavaksi esitellään muutama Suomessa toimiva alan toimija, jotka mahdollisesti voisivat toimia myös K. Hartwallin yhteistyökumppanina.

## 5.2 Delfoi Oy

Delfoi Oy on vuonna 1990 perustettu pohjoismainen tuotannosuunnittelun ja digitaalisen valmistuksen ratkaisutoimittaja. Yrityksen tuoteportfolioon kuuluu Delfoi Lean, Delfoi Robotics ja Delfoi Planner. Delfoin asiakkaista voidaan esimerkkeinä mainita Valmet, ABB, Valio ja Ponsse. Yrityksellä on isoja asiakkaita heidän kaikilla tuotesektoreilla. (Delfoi Oy 2018).

Kuvasta 8 havaitaan, että tuotannosuunnittelunäkymä perustuu visuaaliseen Gantt-näkymään. Gantt-kaaviota käytetään yleisesti projektijohtamisessa ja se on yksi suosituimmista ja käytännöllisimmistä tavoista visualisoida aktiviteetit aikajanalla. Vasemmalla näkymässä on lista aktiviteeteista tai prosesseista. Jokainen aktiviteetti on kuvattu palkilla. Palkin sijoituksella ja pituudella visualisoidaan aloitus ja lopetus aktiviteetille. (Gantt 2018.)



Kuva 8. Delfoi Plannerin suunnittelunäkymä (Delfoi Oy 2018).

Suunnittelunäkymässä seurataan myös suunnitelman edistymistä reaaliajassa. Palkit muuttavat väriään tilan perusteella. Palkit voidaan raahaa-pudota-periaatteella (drag & drop) siirtää paikasta toiseen, jos halutaan muuttaa suunnitelmaa. Järjestelmä varoittaa visuaalisilla symboleilla ja tekstillä, jos suunniteltua muutosta ei voida järjestelmän näkökulmasta toteuttaa.

### 5.3 SW-Development Oy

SW-Development Oy on suomalainen perheomisteinen asiantuntijayritys, joka on perustettu vuonna 1995. Sen toimintasektorina on valmistava teollisuus ja toiminta-alueena Skandinavia sekä Baltia.

Yrityksen tuoteportfolioon kuuluvat SWD PES -järjestelmäratkaisut, SWD Lean-services -kehityspalvelut ja Enterprise Dynamics -lisenssit. SWD:llä on integrointisertifikaatit SAP:lle ja Microsoft Dynamics:lle.

SWD:n asiakkaista voidaan esimerkkeinä mainita BRP Finland, Sandvik, Volvo, Reima ja Olvi. Yrityksellä on isoja asiakkuuksia kaikilla tuotesektoreilla. (SWD 2017.)

SWD PES -järjestelmä on järjestelmälusta, johon voi hankkia erilaisia moduuleita oman käyttötarpeen mukaisesti. Moduulit kattavat tuotannosuunnittelun, tuotannonohjauksen, resurssi-, myynti-, hankinta- sekä kuljetus- ja logistiikkasuunnittelun.

APS-toiminto SWD PES -järjestelmässä perustuu reaaliaikaiseen laskentaan. APS tuottaa selkeän kokonaiskuvan kannattavimmista tuotantoskenaarioista hyödyntäen simulointia ja optimointia. APS pystyy myös huomioimaan eri suunnittelumittarit, -säännöt ja -rajoitteet ja se hälyttää mahdollisista materiaali- ja resurssipuutteista.

Suunnittelu suoritetaan visuaalisessa GANT-näkymässä raahaa & pudota (drag & drop) -menetelmällä. Suunnittelun edetessä on mahdollista nähdä reaaliaikaista dataa kuorimitustilanteesta eri prosessivaiheessa. APS kattaa sekä karkea- että hienokuormituksen.

Tuotannonjohdolle ja -suunnittelulle MES-toiminnot tarjoavat pidemmän aikavälin S&OP suunnittelua. On myös mahdollista tehdä resurssisuunnittelua henkilöstön osaaminenhuomioiden. MES-toiminto antaa myös reaaliaikaista mittarointidataa esimerkiksi OEE-seurantaa varten.

MES-toiminto mahdollistaa tuotannon lattiatasolle tuotantosuunnitelman ja toteutuman seurannan. Työpistekohtaisesti voidaan esittää työjonot, työohjeet ja kuvat. Raportointi voidaan toteuttaa suoraan työpisteistä järjestelmään. On myös mahdollista suorittaa työtuntikirjauksia, laaturaportointia ja materiaalikuitauksia. Prosessilaitteilta voidaan viedä laitekohtaista dataa järjestelmään analysointia tai mittarointia varten.

#### 5.4 Leanware

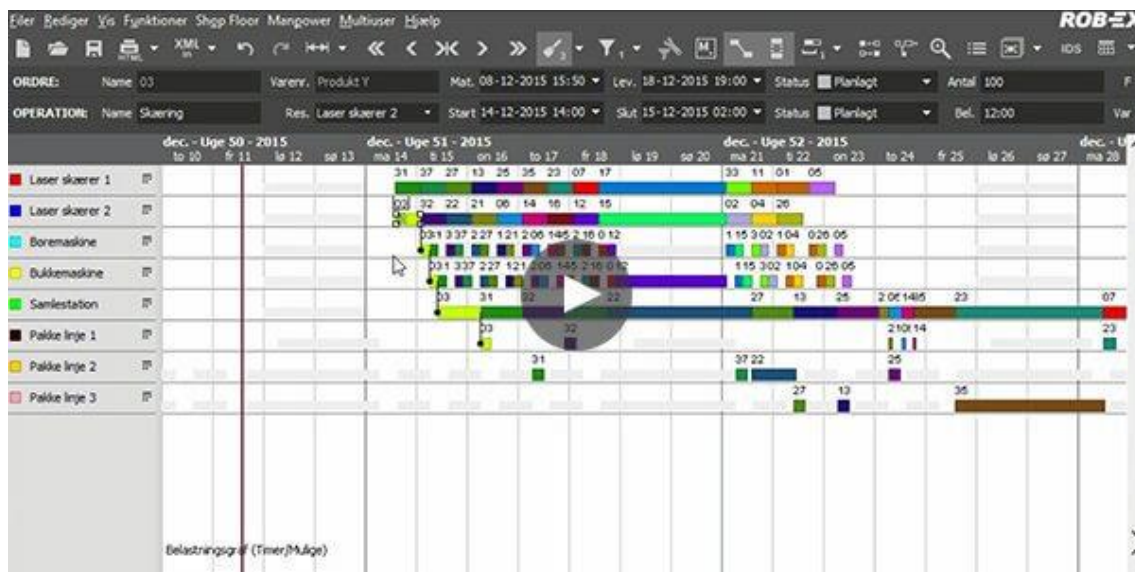
Leanware on vuonna 1999 perustettu teollisuuden ja logistiikan ohjelmistojen toimittaja. Yrityksen liikevaihto vuonna 2016 oli 7,4 miljoonaa euroa. Heidän ydinosaamiseen voidaan mainita tuotannon digitalisointi ja tehokkaampien toimintatapojen suunnittelu.

Yhtiöllä on kaksi avaintoimialaa: teollisuus ja logistiikka. Leanware on toteuttanut yli 250 projektia. Yritys käyttää järjestelmäarkkitehtuurikonsultoinnissa ISA-95-standardin raportointimallia.

Leanwarella ei ole tarjota omaa APS-järjestelmää, vaan se tekee yhteistyötä Delfoin (Delfoi Planner) ja General Electricin (Rob-ex, kuva 9) järjestelmien kanssa. Yhtiöllä on sen sijaan sen omaa nimeä kantavat järjestelmät, kuten LeanwareMES, LeanwareWMS ja LeanwareBI. (Yritysesittely 2017.)

LeanwareMES on tarkoitettu tuotannon operatiivisten toimintojen ohjaamiseen ja jäljittämiseen sekä tietojen välittämiseen eri järjestelmien ja tuotannon automaation välillä. LeanwareMES-järjestelmän käyttöliittymä näyttää reaaliaikaisen ja tarvittavan tiedon oikeassa kohtaa tuotannon prosessia.

MES vähentää tuotannossa tarvittavien järjestelmien määrää ja tuotannon työntekijän tarvitsee seurata vain yhtä näkymää. LeanwareMES:n käyttäjiä ovat muun muassa Metso, Valtra, Isku sekä Agco Power. (Leanware 2017.)



Kuva 9. Suunnittelunäkymä Rob-Ex Schedulerissa (Rob-ex 2018).

## 5.5 Yhteenveto toimittajien ratkaisuista

Kaikkien työssä tutkittujen toimittajien APS-järjestelmät noudattavat samaa perusperiaatetta. Suunnittelu on toteutettu Gantt-näkymällä. Kaikkien ratkaisuihin voidaan joustavasti määrittellä asiakkaan eri valmistuksen rajoitteet.

Visuaalinen värimaailma eroaa hieman ratkaisujen välillä, mutta tällä ei liene sen suurempaa merkitystä. Delfoi on selvästi keskittynyt kehittämään nimenomaan APS-järjestelmäänsä, ja Delfoi ja Leanware tekevätkin hyvin tiivistä yhteistyötä.

SW-Development pystyy toimittamaan kokonaisratkaisun yrityksen tarpeeseen. Siitä voi olla suurta hyötyä räätälöinti- ja integrointivaiheessa, koska kehitys- ja koodaustyö tehdään saman katon alla.

Kaikkien toimittajien tarjoamat järjestelmät soveltuisivat K. Hartwallin tarpeisiin. Ei löydy sellaista toimintoa tai kokonaisuutta, joka selvästi erottautuisi edukseen eri järjestelmien kesken. Tässä mielessä varmaankin isoimmiksi kriteereiksi tulisivat järjestelmän hinta, integrointiosaamiset ja eri referenssiyrityksiltä saadut tiedot siitä, kuinka hyvin implementointiprojekti on pysynyt aikataulussa.

## 6 Hienokuormitusjärjestelmien antamat mahdollisuudet K. Hartwallille

Tuotevariaatiot ja piensarjatuotanto lisääntyvät K. Hartwallin tuotannossa. Reagointikyky, valmistuskustannukset, laatu ja innovatiiviset tuotteet tulevat olemaan ne avaintekijät, joilla yritys vastaa kilpailuun.

Tuotannon yleisimpiin tavoitteisiin kuuluvat kustannusten minimoiminen, hyvä aikakilpailukyky, hyvä laatu ja joustavuus. Toiminnanohjauksen tehtävänä on pyrkiä näihin tavoitteisiin ohjaamalla ja organisoimalla yrityksen resurssien käyttöä tarkoituksenmukaisella tavalla. Toiminnanohjauksen keskeisimmät tavoitteet ovat kapasiteetin korkea käyttöaste, toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi, toimitusvarmuus ja lyhyt läpäisy aika. (Haverila ym. 2009: 402.)

Tulevaisuuden tuotantomallin K. Hartwallilla tulisi olla läpinäkyvää, reaaliaikaista, paikansapitävää, laadukasta ja nopeaa informaatiovirran osalta. Ennustamista tulisi kehittää ja historiadatan käyttöä tehostaa. Fyysisen tuotannon tulisi olla joustavaa, nopeasti reagoivaa, kustannustehokasta, visuaalista ja ongelmatilanteita ennaltaehkäisevää. Tämä kaikki on saavutettavissa hyvin laadukkaalla informaatiovirralla ja informaatioteknologian täysmääräisellä hyödyntämisellä. Järjestelmät ovat kuitenkin yhtä heikkoja kuin niihin syötetty tieto tai toimintamalli on. On oleellisen tärkeää, että yritys tarkastelee aika ajoin prosessejaan ja toimintamallejaan ja päivittää järjestelmien tietoja, kun tilanne sitä vaatii.

Prosesseja tarkastelemalla ja päivittämällä voidaan tehostaa tuotannon toimintaa merkittävästi. Kun tähän kokonaisuuteen lisää toimintaa tukevan tietojärjestelmän, voidaan manuaalista työtä ja inhimillisiä virheitä vähentää. Tietojärjestelmän tai -järjestelmien tehtävä on tukea päätöksentekoa, mutta ei tehdä päätöksiä kenenkään puolesta.

### 6.1 APS-järjestelmän tukemaa tuotannosuunnittelua tulevaisuudessa

APS-järjestelmän hyödyntäminen nostaisi K. Hartwallin tuotannosuunnittelun uudelle tasolle. Laadukas tuotannosuunnittelu on perusedellytys laadukkaalle ja tehokkaalle tuotannolle ja varsinkin MTO-perusteisessä tuotannossa.

K. Hartwallin tuotannosuunnittelu, joka perustuu suurimmaksi osin Excel-taulukoiden varaan, on hidasta ja riskialtista. Päivittämätön tai väärin syötetty tieto voi pahimmassa

tapauksessa johtaa tuotannosuunnittelijaa harhaan päätöksenteossa. Excel-taulukoiden toinen negatiivinen puoli on se, että kaikilla sidosryhmillä ei välttämättä ole samaa reaaliaikaista tietoa saatavilla ilman, että päivitetty taulukot aina jaetaan uudelleen tai ainakin tiedotetaan muutosten osalta.

Nykyiset APS-järjestelmät pystytään integroimaan täysin toiminnanohjausjärjestelmään. Tämä tarkoittaa, että itse suunnittelu suoritetaan APS-järjestelmässä ja suunnitelma siirretään toiminnanohjausjärjestelmään, joka laskee materiaalityönteet sen mukaisesti. Kun tieto on toiminnanohjausjärjestelmässä, se on kaikkien sitä tarvitsevien saatavilla.

Kun APS-järjestelmä on täysin integroitu toiminnanohjausjärjestelmän kanssa, on APS-järjestelmässä myös sama tieto suunnittelun käytössä. K. Hartwallilla tämä mahdollistaisi esimerkiksi ennakoivan tarkastelun materiaalityönteistä ja muista vastaavista seikoista. APS:n suunnittelunäkymä kertoo suunnittelijalle, onko tuotantosuunnitelmassa puutteita, kuten vahvistamattomia materiaaleja, kapasiteettipuutoksia ja niin edelleen.

APS-järjestelmä pystyy ohjaamaan tuotannosuunnittelijaa päivittäisessä työssä ja antamaan tukea päätöksenteolle. APS ei järjestelmänä korvaa tuotannosuunnittelijaa. APS-järjestelmä pystyy siis ennaltaehkäisemään inhimillisiä virheitä tai ainakin varoittamaan etukäteen, jos unohduksia on sattunut.

APS-järjestelmien suunnittelu perustuu rajalliseen kapasiteettiin (finite capacity). K. Hartwallin tapauksessa voidaan APS-järjestelmään määrittää tuotannon rajoitukset, kuten koneitten rajoitukset, hitsausjigot, koneitten asetusajat sekä henkilöstön osaamistasot. Tämä auttaa tuotannosuunnittelua hahmottamaan jo suunnitteluvaiheessa mahdollisten pullonkaulojen syntymistä ja etukäteen niiden ehkäisemistä.

K. Hartwallin tuotantoprosessit voivat poiketa hyvinkin paljon toisistaan, kun tarkastellaan prosesseja siitä näkökulmasta, mitä osaamista ne vaativat henkilöstöltä. APS-järjestelmiin voidaan lisätä suunnittelurajoituksiin eri henkilöitten osaamistasot ja näin myös ennaltaehkäistä, että osaamisen puutokset muodostuisivat pullonkauloiksi.

APS-järjestelmien tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu simulointi. Suunnittelija pystyy simuloimaan eri toteutusvaihtoehtoja, ja riippuen halutusta lopputuloksesta valitsemaan



sen vaihtoehdon, joka on lähinnä haluttua lopputulosta. Tämä ominaisuus on erittäin tärkeää K. Hartwallin tuotannosuunnittelulle, koska tuotantotapana on MTO, jossa varataan kapasiteettia jokaiselle tilaukselle ja kyselylle.

Nykyisessä ERP-järjestelmässä ei ole mahdollista simuloida toteutusvaihtoehtoja, koska ERP-järjestelmät ovat lähtökohtaisesti transaktiopohjaisia järjestelmiä. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmässä on tehtävä muutoksia, jotta voidaan tarkastella vaikutuksia. Simulointi on erittäin tärkeää, jos ja kun muutoksia alkuperäiseen suunnitelmaan tulee joko kiiretilausten, materiaalipuutteiden, henkilöstöpuutteiden, konerikkojen tai muiden sellaisten syiden vuoksi.

APS-järjestelmät tukevat niin ennustamista, karkeasuunnittelua kuin hienokuormitusta. APS-järjestelmä voisi oleellisesti vähentää tai jopa poistaa erillisten Excel-taulukoiden käyttöä K. Hartwallin tuotannosuunnittelussa. Kiteytettynä voidaan todeta, että APS-järjestelmä mahdollistaisi K. Hartwallin tuotannossa tulevan näkemisen, kun nykyisillä työkaluilla tyydytään historian katselemiseen.

## 6.2 MES-järjestelmän tukema tuotannonohjaus tulevaisuudessa

K. Hartwallin tuotannossa työntekijä joutuu tällä hetkellä etsimään tietoa monesta eri järjestelmästä, jotta hän suoriutuisi työpäivän tehtävistä. Järjestelmäosaamisen puuttuessa työnjohto toimittaa tarvittavat tiedot työpisteille. MES-järjestelmän avulla pystyttäisiin nostamaan jaettavan tiedon määrää ja laatua työpisteillä.

Työntekijöillä olisi mahdollisuus saada järjestelmän käyttöliittymän kautta kaikki se tieto, jonka he tarvitsevat senhetkisen työn suorittamiseen, ja näin mahdollistuisi huomattavasti paremmin itseohjautuva työskentely. Itseohjautuva tuotanto vapauttaisi työnjohdolta aikaa muihin tärkeisiin tehtäviin.

Tuotannossa kerätään tällä hetkellä erilaista tietoa paperimuodossa työpisteillä. Paperimuodossa raportoidaan tuotetut kappaleet, häiriöt ja muut epänormaalit tilanteet sekä laatukirjaukset. Kaikki tieto, mikä nykyään kerätään paperimuodossa, olisi mahdollista siirtää MES-järjestelmän avulla sähköiseen muotoon ja näin tehostaa datan keräämistä. Järjestelmän kautta työntekijällä olisi ajan tasalla oleva työjono, mahdollisuus raportoida ongelmista, piirustukset, työkuvat ja työohjeet.

MES-järjestelmän esittämä työjono käyttöliittymässä on aina ajan tasalla, koska tieto tulee APS-järjestelmästä, jossa muutos tehdään. Näin ollen kaikki työvaiheet ovat tietoisia muutoksista tuotantosuunnitelmissa. Tämä mahdollistaa tuotannon virtauksen parane-  
misen, mikä taas lyhentää tuotannon läpimenoaika.

Laatukirjaukset K. Hartwallilla ovat tällä hetkellä paperimuodossa. Kaikki tulokset joudutaan erikseen manuaalisesti viemään esimerkiksi Excel-taulukoihin, jos halutaan tehdä tarkempaa analysointia prosessin laaduntuottokyvystä tai muusta vastaavasta. MES-järjestelmä mahdollistaa laatuun liittyvää datankeräystä sähköisessä muodossa, mikä parantaisi tiedon luotettavuutta ja mahdollistaisi datan analysointia jatkotoimenpiteitä varten ja ohjaisi työntekijää suorittaman tarkistukset oikein ja oikealla taajuudella. Koska mittausdata kerätään sähköisesti, mahdollistaa tämä laadun seuraamista reaaliajassa. Jos työntekijä raportoi tuloksia, jotka ylittävät tai alittavat raja-arvot, hälyttää järjestelmä tästä.

K. Hartwallin tuotannon aamupalaverissa käsitellään kuluneen vuorokauden tapahtumat tuotannossa tuotantolukujen muodossa ja mahdollisesti syyt, miksi vuorot eivät ole ylittäneet tavoitetasoon. Palaverissa käsitellään siis tietyllä tapaa jo vanhentunutta tietoa. Reaaliaikainen tuotantomäärien raportointi MES-järjestelmässä mahdollistaisi visuaalisen mittariston kehittämistä, jolla voidaan seurata valmistuksen tilaa reaaliajassa.

Mittariston voisi rakentaa eri tasoja sisältäväksi, niin että sillä pystyisi halutessaan po-rautumaan yksittäisen työpisteen suorituksiin. Perusnäkymässä pystyisi yhdellä vilkai-sulla hahmottamaan tuotannon senhetkisen tilanteen. Tämä toisi huomattavaa paran-nusta visuaaliseen johtamiseen ja tuotannon seurantalaverikäytäntöön K. Hartwallilla.

MES-järjestelmä mahdollistaa myös koneiden ja laitteiden kytkemisen järjestelmään. Tällä saavutettaisiin suurta läpinäkyvyyttä itse koneiden ja laitteiden käyntiaikoihin ja vir-heilmoituksiin. Koneiden virheilmoitusten automaattisella keruulla voisi parantaa konei-den käytettävyyttä ja ennakoivaa huoltoa.

## 7 Yhteenveto

Tulevaisuuden tuotannon IT-järjestelmien tulisi vähentää manuaalista työtä ja sitä kautta parantaa tiedon luotettavuutta ja toiminnan tehokkuutta sekä tarjota parempi läpinäkyvyys eri toimintojen välillä ja verkostossa. Tulevaisuuden tuotannon IT-järjestelmien tavoitteena ei ole poistaa ihmistä prosessista, vaan nimenomaan tukea ihmistä tarjoamalla hänelle tarvittava tieto nopeasti ja visuaalisesti ilman aikaa vievää etsimistä. Tällöin ihminen voi keskittyä arvoa tuottavaan toimintaan ja päätöksentekoon järjestelmän tarjoaman tiedon pohjalta.

Insinööriyössä keskityttiin K. Hartwallin tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen haasteisiin nykyisillä työkaluilla sekä avaamaan lukijalle näille toiminnoille varta vasten kehitettyjen järjestelmien perusteita. Työn tuloksena syntyi tiivis ja asiapitoinen katsaus tuotantoympäristöön kehitetyistä ohjausjärjestelmistä yleisellä tasolla ottamatta kantaa käytössä olevan toiminnanohjausjärjestelmän rooliin tai puutoksiin.

Jos tuotantotapa pysyy samana tulevaisuudessa, on K. Hartwallin tutkittava ja kehitettävä työkaluja, joilla hallita monimutkaista kokonaisuutta. Opinnäytetyö antaa hyvän perustiedon siitä, miten tuotannosuunnittelua ja -ohjausta olisi mahdollista kehittää IT-järjestelmien tukemana.

## Lähteet

About us. Verkkoaineisto. MESA international. <<http://www.mesa.org/en/index.asp>>. Luettu 5.3.2018

An introduction to APS. Verkkoaineisto. Spinnakermgmt. <[http://www.spinnakermgmt.com/.../WP1901\\_An-Introduction-to-Advance...](http://www.spinnakermgmt.com/.../WP1901_An-Introduction-to-Advance...)>. Luettu 16.2.2018.

Asprova Advanced Planning and Scheduling (APS). Verkkoaineisto. Asprova. <<https://www.asprova.com/en/asprova.html>>. Luettu 17.1.2018.

Enbom, S. 2002. K. Hartwall Oy Ab 1932-2002 From cork to container. Sibbo. K. Hartwall Oy Ab.

Haverila M. J.; Uusi-Rauva E.; Kouri I & Miettinen A. 2009. Teollisuustalous. Infacs.

Henkilöstön tietopaketti. 2017. K. Hartwall.

Järvenpää E. & Lanz M. 2014. Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä. <[https://wiki.tut.fi/pub/LeanMES/Publications/LeanMES\\_Tuotannosuunnittelu\\_ja\\_ohjaus\\_suomalaisissa\\_yrityksiss\\_julkinen\\_FINAL.pdf](https://wiki.tut.fi/pub/LeanMES/Publications/LeanMES_Tuotannosuunnittelu_ja_ohjaus_suomalaisissa_yrityksiss_julkinen_FINAL.pdf)>. Luettu 2.11.2017

K.Hartwall Oy Roima Pre-Study Summary Presentation. 2017. Roima.

Kletti, J. 2017. Manufacturing Execution Systems - MES. Springer.

Liddell, M. 2015. The Little Blue Book on Scheduling. Verkkoaineisto. <<http://www.littlebluebookonscheduling.com/>>. Luettu 7.2.2018.

MES product survey. Verkkoaineisto. CGI. <<https://www.cgi.com/en/manufacturing/mes-product-survey>>. Luettu 5.3.2018.

MES-järjestelmän hankinta. Verkkoaineisto. Arrow Engineering. <<https://blogi.arroweng.fi/mes-jarjestelman-hankinta-opas>>. Luettu 3.12.2017.

MES/MOM Methodology Certificate of Awareness (CoA) Program. 2014. MESA International.

Modules. Verkkoaineisto. Rob-ex. <<https://rob-ex.com/en/modules/>>. Luettu 18.2.2018.

Ratkaisut. Verkkoaineisto. Leanware. <<https://leanware.fi>>. Luettu 13.11.2017.

Yritys. Verkkoaineisto. SWD. <<http://www.swd.fi/>>. Luettu 22.11.2017.

Ratkaisut. Verkkoaineisto. Delfoi Oy.  
<[https://www.delfoi.com/web/products/delfoi\\_planner/fi\\_FI/hienokuormitus-delfoi-aps/](https://www.delfoi.com/web/products/delfoi_planner/fi_FI/hienokuormitus-delfoi-aps/)>.  
Luettu 26.11.2017.

Scholten, B. 2009. MES Guide for Executives. Verkkoaineisto.  
<[https://books.google.fi/books?id=pik30Yy6eEcC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=mesa+white+paper+11&source=bl&ots=7jzLR-PoB5&sig=CwSdq3GZyUaAd\\_bkxY2UhE1WhFc&hl=fi&sa=X&ved=0ahUKEwir-NWEtaLaAhVF1iwKHYPtAPI4ChDoAQgoMAE#v=onepage&q=mesa%20white%20paper%2011&f=false](https://books.google.fi/books?id=pik30Yy6eEcC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=mesa+white+paper+11&source=bl&ots=7jzLR-PoB5&sig=CwSdq3GZyUaAd_bkxY2UhE1WhFc&hl=fi&sa=X&ved=0ahUKEwir-NWEtaLaAhVF1iwKHYPtAPI4ChDoAQgoMAE#v=onepage&q=mesa%20white%20paper%2011&f=false)>. Luettu 5.4.2018

Subramaniam,A. Verkkoaineisto. 2009. Advanced Planning & Scheduling (APS).  
<<https://www.slideshare.net/anandsubramaniam/Advance-Planning-Scheduling>>.  
Luettu 12.3.2018.

Tuotannosuunnittelu. 2004. Logistiikan maailma.  
<<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannosuunnittelu-ja-ohjaus/>>.  
Luettu 3.12.2017

What is a Gantt Chart. Verkkoaineisto. Gantt. <<http://www.gantt.com/>>. Luettu 14.12.2017.

Yritysesittely. 2017. Leanware.