



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# HIENOKUORMITUSJÄRJESTELMÄN MÄÄ- RITTÄMINEN

Tasowheel Gears Oy

Juha Uljas

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

ULJAS, JUHA:  
Hienokuormitusjärjestelmän määrittäminen

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Toukokuu 2018

---

Opinnäytetyö tehtiin osana uuden tuotannosuunnitteluohjelmiston hankintaan liittyvää projektia. Työ tehtiin Tasowheel Gears Oy:lle, vaikkakin ohjelmisto tulee käyttöön koko Tasowheel-konserniin. Ohjelmiston käyttö pilotoidaan Tasowheel Gears Oy:ssä, mutta määrittelyissä on huomioitu konsernin muiden yritysten tarpeet ja toiveet.

Määrittely aloitettiin säännöllisillä tapaamisilla ohjelmiston toimittajan kanssa. Toimittaja oli valittu ennen opinnäytetyön aloittamista. Ohjelmistoksi valikoitui SW-Development Oy:n SWD<sup>PES</sup> -ohjelmisto. Määrittelyssä käytiin lävitse integraatioon vaaditut tiedot ja toimenpiteet. Ohjelmiston käyttöönoton pohjatietoina käytetään yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän tietoja. Tässä työssä on kerrottu kokouksessa ilmenneiden erityistapausten määrittelyt ja ratkaisut. Projektin teknisestä toteutuksesta vastaa ohjelmiston toimittaja ja Tasowheel Gears Oy:n IT-tuki.

Tällä hetkellä yritys tekee hienokuormituksen suunnittelua toiminnanohjausjärjestelmän avulla sekä työnjohtajien toimesta manuaalisesti. Runsaan nimikkeistön ja monivaiheisen tuotannon vuoksi tuotantosuunnitelma muuttuu jatkuvasti. Nykyisillä toimintamenetelmillä kokonaisuuden hallinta ja tulevaisuuden systemaattinen suunnittelu ovat haastavaa. Uuden ohjelman avulla pyritään systematisoimaan ja tarkentamaan hienokuormituksen suunnittelua. Kuormituksen hallinnan osalta oleellista on, että nimikkeiden vaihekohtaiset työstöajat ovat mahdollisimman todenmukaiset. Osana opinnäytetyötä pyrittiin päivittämään vaiheajoja niille työvaiheille, joissa toteuma ja laskennallinen aika poikkeavat toisistaan.

Projektille asetettiin tavoitteita, joiden odotetaan toteutuvan kahden vuoden aikana. Varastoon ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman pienentäminen oli yksi keskeisimmistä tavoitteista. Kyseistä pääomaa pienentämällä saadaan vapautettua huomatta määrä resursseja esimerkiksi uusiin investointeihin. Uuden ohjelmiston avulla saadaan tuotannosta joustavampaa lyhentämällä läpimenoaikoja ja varastoaikaa. Paremman hienokuormitussuunnitelman avulla kasvatetaan tuotannon tehokkuutta, mikä antaa myynnille mahdollisuuden lisätä myynnin volyymia. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada määriteltyä ohjelmisto siten, että SW-Development Oy voi jättää ohjelmistosta tarjouksen.

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering  
Degree Programme in Production Engineering

ULJAS, JUHA:  
Defining Fine Planning Software

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 3 pages  
May 2018

---

The purpose of this thesis was to define new fine planning software for Tasowheel Gears Oy. Prior to the publication of this thesis fine planning in the company was based on the enterprise resource planning software Powered. Multiple works and multioperational production changes the production plan all the time. Systematical planning and production controlling was quite impossible to do without aiding software. Before the new software could be integrated, there were many things that had to be sorted out.

Defining started by charting the needs of the company. There were some special cases to be considered, for example the subcontracting process and sales and operation planning. New software uses data from the ERP-software's data as a master data. It makes production plans based on data from the ERP. Fine planning needs information of available capacity, setting time and the production time of one part. Capacity is defined by human resources and work sift calendar. Setting times and production times are based on values calculated in ERP.

In order to produce a reliable production plan, setting and production times must be correct. The data of those values was collected from two different databases. Data was delimited by certain factors. Processes that had biggest variation between calculated and registered data were separated and taken to closer examination. The calculated values were changed in some processes if the registered data was consistent and reliable.

Integration is planned to take place in summer 2018. At first the new software is used alongside the old programs and according to the plan, it will then be taken into full use gradually in production planning.

---

Key words: ERP, Resource planning, SWD<sup>PES</sup>, fine planning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TASOWHEEL GEARS OY.....	8
3	TUOTANNONOHJAUS.....	10
	3.1 Tuotannonohjauksen kehittyminen.....	10
	3.2 Hallintajärjestelmät yrityksessä.....	13
	3.3 Tuotannonohjaus.....	16
	3.3.1 Karkeasuunnittelu.....	18
	3.3.2 Hienosuunnittelu.....	19
	3.3.3 Ganttin taulu.....	21
4	OHJELMISTON MÄÄRITTELY.....	22
	4.1 Yleisesti.....	22
	4.2 Asetusaikojen määrittäminen.....	24
	4.3 Vuorokalenteri ja kapasiteetin määrittely.....	26
	4.4 Alihankinta-vaiheen toteutus.....	27
	4.4.1 Esimerkki vaiheen alihankinnasta.....	28
	4.5 Toimitusaikakysely.....	29
5	YKSIKKÖ- JA ASETUSAJAT.....	30
	5.1 Toteumadatan hakeminen Powered:istä.....	32
6	POHDINTA.....	35
7	JATKOKEHITYS.....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET.....	41
	Liite 1. Järjestelmäkartta (Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti, SWD <sup>PES</sup> määrittely, sähköpostiviesti, kimmo.kanninen@swd.fi, 6.4.2018).....	41
	Liite 2. Projektin karkeat tavoitteet.....	42
	Liite 3. PowerBI:n data: ''Päättyneet työvaiheet''.....	43

**LYHENTEET JA TERMIT**

ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
S&OP	Sales & Operations Planning
KET	Varastoon ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma
MRP	Tuotannonohjausjärjestelmän (Material Requirements Planning)
JIT	Just-In-Time filosofia
Nimike	Valmistettavan kappaleen tunnus/nimi
Yksikköaika	Yhden kappaleen vaihekohtainen työstöaika
Asetusaika	Aika joka kuluu viimeisen kappaleen ja seuraavan hyvän kappaleen saamiseksi seuraavasta tuotantoerästä.

## 1 JOHDANTO

Metalliteollisuuden nousukausi ja kilpailun lisääntyminen kasvattavat yritysten tarpeita toiminnan kehittämiseen ja digitalisaatioon. Yhä useampi yritys pyrkii kehittämään toimintaansa digitalisoimalla tuotantoansa. Digitaalista murrosta kutsutaan teollisuuden 4. vallankumoukseksi. Digitalisaatio on toimintatapojen muuttamista sekä prosessien muuttamista digitaaliseen muotoon tietotekniikan avulla.

Digitalisoituminen on laaja käsite, sillä voidaan tarkoittaa liiketoiminnan siirtymistä sähköisiin kanaviin ja sisältöihin uusien ohjelmistojen avulla. Lisäksi käsite pitää sisällään tuotannon tehostamisen uusien teknologioiden avulla, esimerkiksi robotisoinnilla. Teollinen internet (internet of things) on myös osa teollisuuden digitalisoitumista. Kyseinen termi käsittää toisiinsa verkottuvia koneita ja järjestelmiä, jotka kommunikoivat keskenään. ( Anders Innovations 2014.)

Opinnäytetyön tilaaja etsi ratkaisua tuotannosuunnittelun haasteisiin digitalisaatiosta. Markkinoilla on tarjolla lukuisia ohjelmistoja tuotannon visualisoimiseksi ja suunnittelemiseksi. Ennen opinnäytetyön aloittamista yritys oli aloittanut yhteistyön SW-Development Oy:n kanssa, ohjelmiston hankkimisesta tuotannosuunnittelun työkaluksi. SW-Development Oy tarjoaa tuotannosuunnittelun haasteiden helpottamiseksi SWD<sup>PES</sup>- ohjelmistoa. Kyseinen ohjelmisto sisältää työkalut laajaan tuotannon hallitsemiseen ja ohjaukseen. Hanke on tarkoitus toteuttaa koko Tasowheel-konsernissa, mutta ohjelmisto pilotoidaan Gears:in toimesta. Muiden konsernin yritysten toiminnan ja tarpeiden huomioiminen aiheuttaa lisää kompleksisuutta määrittelyssä.

Tasowheel Gears Oy:llä on jo käytössä ERP, mutta kyseinen toiminnanohjausjärjestelmä ei tarjoa nykytarpeita kattavaa suunnittelutyökalua hienokuormituksen suunnittelua ja hallintaa varten. Toiminnanohjausjärjestelmällä on kyky tehdä tuotantosuunnitelmia, mutta se ei ota huomioon tuotannon resursseja ja tekee tuotanto ajoitukset rajoittamattomaan kapasiteettiin. Monipuolisen nimikkeistön ja monivaiheisen tuotannon vuoksi tuotantosuunnitelma muuttuu jatkuvasti, mikä vaikeuttaa tuotannon kokonaisuuden hallintaa ja tulevaisuuden systemaattista suunnittelua.

Uuden ohjelmiston avulla pyritään systematisoimaan ja tarkentamaan hienokuormituksen suunnittelua ja hallinnoimaan kapasiteettia entistä tarkemmin. Lisäksi tavoitteena on

varastoon ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman pienentäminen tuotannon joustavuutta lisäämällä ja läpimenoaikoja lyhentämällä. Realistisempien tuotantosuunnitelmien avulla voidaan kasvattaa myös toimitusvarmuutta ja tehostaa tuotantoa kuormittamalla sitä maksimaalisesti olemassa olevien resurssien puitteissa.

Tässä työssä käydään lävitse ohjelmistointegraation vaatimat määrittelyt. Määrittelyissä otetaan vahvasti huomioon myös konsernin muiden yritysten tarpeet, joiden perusteella ohjelmiston työkaluista karsitaan ensimmäisessä vaiheessa pois tarpeettomat osat. Määrittelyssä on tavoitteena selvittää konsernin tarpeet ja sen yritysten tuotannon vaatimukset uudelle suunnitteluohjelmistolle. Määrittely on suoritettava ennen lopullista tarjousta. Määrittelyn perusteella selvitetään tarvittavat ominaisuudet ohjelmistoon, sekä mahdollisen integraation aikataulutus. Koko määrittelyn tarkoituksena on saada tarpeeksi tietoa toimittajalle, että he voivat tehdä ohjelmistosta lopullisen tarjouksen.

Ohjelmiston luoma hienokuormitussuunnitelman perustuu toiminnanohjausjärjestelmän nimikkeiden eri työvaiheiden eli rakenteen laskennallisiin aikoihin. Rakenteen ajat sisältävät yksikköajan ja asetusajan työvaiheittain. Jotta hienokuormitussuunnitelma olisi mahdollisimman validi on prosessien laskennallisten aikojen vastattava toteutuneita aikoja mahdollisimman hyvin. Ennen ohjelmiston mahdollista käyttöönottoa on tarpeellista verrata tuotannon raportoimia toteumia laskennallisiin arvoihin ja tehdä tarvittavia korjauksia toiminnanohjausjärjestelmän dataan. Työvaiheiden toteuma-aikojen tutkimisen tavoitteena on havaita tuotannosta ne nimikkeet ja niiden työvaiheet, joiden toteuma ei täsmää laskennallisten arvojen kanssa.

## 2 TASOWHEEL GEARS OY

Tasowheel Gears Oy on osa Tasowheel-konsernia. Konserniin kuuluu neljä yritystä: Group, Gears, Systems ja Tikka. Tasowheel perustettiin vuonna 1979, yritys aloitti paikallisena hammaspyörä valmistaja. Nykyään Tasowheel tunnetaan kansainvälisenä konsernina, jolta löytyy ratkaisut koneenrakennukseen, prosessiteollisuuteen ja terveysteknologiaan. Suuresta kasvusta huolimatta konserni on yhä perheyritys.

Tasowheel Gears Oy on erikoistunut tuottamaan palveluja keskiraskaaseen voimansiirtoon. Kappaleiden valmistuksen lisäksi yrityksen toimintaan kuuluu myös kokoonpano tehtävät. Kokoonpanossa valmistetaan esimerkiksi vaihteistoja. Yritys valmistaa kaikki tuotteet omissa tuotantotiloissaan. Monipuolinen konekanta tarjoaa asiakkaille laajan valikoiman valmistettavissa kappaleissa.



KUVA 1. Yrityksen valmistamia voimansiirtokomponentteja vaihteistokokoonpanossa (Tasowheel)

Tuotannon monipuolisuudesta kertoo asiakkaille tarjottavat palvelut. Hammaspyörät ja –akselit, asiakasräätälöidyt vaihteet, erikoiskomponentit ja –sovellukset sekä kaupallistamispalvelut ovat osa yrityksen päivittäistä toimintaa. Suurin osa valmistettavista kappaleista vaatii erikoistyöstömenetelmiä, kuten vierintäpisto ja –jyrsintä. Lisäksi valmistettavissa kappaleissa on usein hyvin tarkat laatuvaatimukset. Yrityksen tärkeimmät periaatteet ovat asiakkaan toiveiden täyttäminen laadullisesti ja aikataulullisesti.

Tasowheel Gears Oy työllistää yli 60 henkilöä ja sen liikevaihto on ollut kasvussa viime vuosien ajan. Useamman vuoden laskusuhdanteen jälkeen liikevaihto kasvoi vuonna 2017 ja kipusi jälleen yli 10 miljoonan. Kasvua on odotettavissa myös tulevalle vuodelle 2018.

### 3 TUOTANNONOHJAUS

#### 3.1 Tuotannonohjauksen kehittyminen

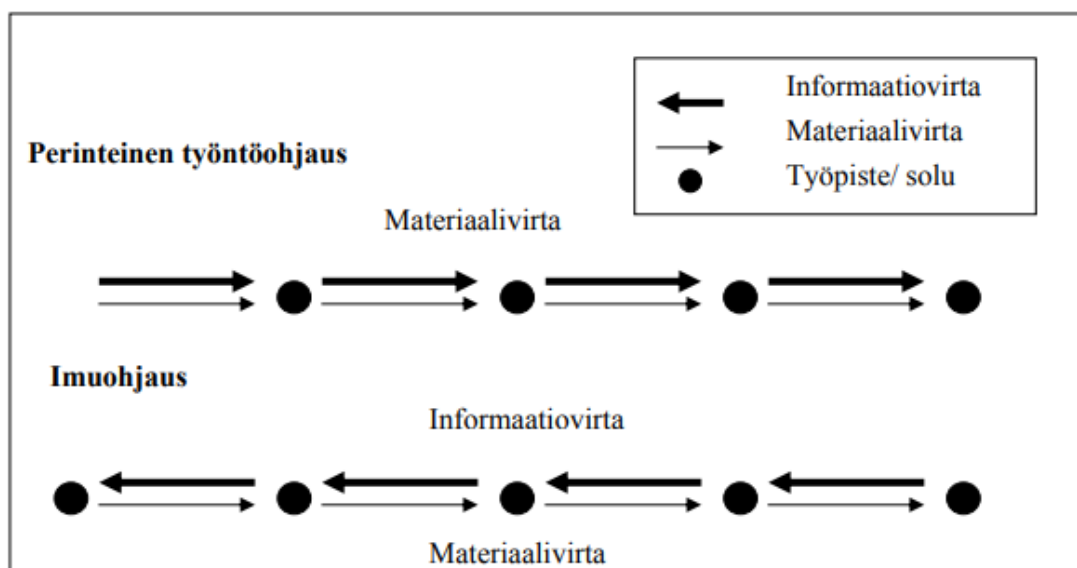
Tuotannonohjausjärjestelmät ovat osa toiminnanohjausta. Tuotannonohjaus keskittyy valmistavassa teollisuudessa tuotteiden valmistusprosessin hallintaan ja valvontaan ohjaukselle syntyi tarve teollisuuden yleistymisen ja massantuotannon syntymisen myötä. Tuotannonohjausjärjestelmän avulla aikataulutetaan tuotanto, hallinnoidaan materiaaleja ja suoritetaan laadunvalvontaa. Nykyisten tuotannonohjausjärjestelmien mallit saivat alkunsa atk-tekniikan yleistyessä 1970-luvulla.

70-luvulla tietotekniikasta tuli osa tuotannonohjausta tarvelaskennan eli MRP:n myötä. MRP –ohjelmistot olivat alun perin suunniteltu materiaalien hallinnointia varten. MRP:n laatimat tuotantosuunnitelmat eivät kuitenkaan olleet toteuttamiskelpoisia, koska ohjelmisto ei huomionnut kapasiteettirajoitteita tuotannossa. Myöhemmin tuotannonohjausohjelmistoihin lisättiin eri työkaluja tarvelaskentaa, hienokuormitusta ja ostotoimia varten. Kehittyneempää versiota alettiin kutsua takaisinkytketyksi MRP:ksi (closed loop MRP). Nimitys MRP II otettiin käyttöön, kun ohjelmistoon oli kehitetty lisää työkaluja myynnin, markkinoinnin ja taloushallinnon tarpeisiin.

Tietotekniikka oli 70- ja 80-luvuilla vasta kehityksensä alkutaipaleilla, joten tietokoneiden prosessointikapasiteetti oli rajallinen. Tietokoneiden kapasiteettirajoitteiden lisäksi toteuttamiskelpoista tuotannonohjausjärjestelmää ei saatu luotua teollisuuteen laajalaisesti. MRP II –järjestelmien malli oletti tuotannosuunnittelussa kappaleiden läpimenoajat ja eräkoot vakioiksi. Järjestelmien käyttöönotto teollisuudessa yleistyi 80-luvulla. Rajoittuneen tietotekniikan takia todellisuuden ja järjestelmien tietojen muuttumisen välillä oli kuitenkin viivettä. tästä johtuen järjestelmien käyttökelpoisuus päivit-  
täisessä tuotannonohjauksessa oli vähäistä. (Blomqvist, Karjalainen & Suolanen 2001, 10.)

Japanilaisen autoteollisuuden menestyminen eurooppalaisiin ja amerikkalaisiin kilpailijoihin verrattuna herätti kiinnostuksen heidän tuotantoonsa ja uuden tuotannonohjaus -  
ideologian yleistymisen. Japanilaisen autoteollisuuden keulakuvana toimi Toyota Motor Company, jonka tuotannonohjaus perustui JIT-tuotantoon (just in time). JIT-tuotannon

ideana on mahdollisimman lyhyet läpäisyajat, pienet varastot ja varastoihin sitoutuneen pääoman minimalisointi. Jatkuva toiminnan kehittäminen on JIT:n perusta. Läpäisyajojen lyhentämiseen pyrittiin lyhentämällä asetusaikoja. Tietojärjestelmät jäivät JIT-tuotannossa sivurooliin ja tuotantoa pyrittiin ohjaamaan imuohjauksella ja visuaalisella ohjauksella. Imuohjauksen syntyminen oli yksi suurin JIT:n tuoma uudistus tuotannonohjaukseen. Imuohjauksessa lopputuotteen tarve aloittaa tuotannon. Jokainen valmistusvaihe tilaa tarvitsemansa kappaleet edelliseltä vaiheelta tarpeensa mukaan. Imuohjaus toimii päinvastaisesti MRP:n käyttämään työntöohjaukseen verrattuna. Työntöohjauksessa tuotanto käynnistetään ennusteiden perusteella.



KUVIO 1. Imu- ja työntöohjauksen ero (Ervasti, 2010)

Imuohjauksen ero työntöohjaukseen on informaation välittämisen suunta tuotannossa. Toimeksianto tulee aina seuraavalta tuotantovaiheelta, jolloin tuotannonohjaus on asiakaslähtöistä ja valmistettavat eräkoot mahdollisimman tarkkoja todellisen tarpeen suhteen. (Blomqvist ym. 2001, 11-13.)

JIT:n yhteydessä mikrotietokoneiden yleistymisen mahdollisti keskitetystä tuotannonohjauksesta siirtymisen hajautettuun tuotannonohjaukseen. Uudessa tyyliuunnassa tuotantoyksiköissä on omia paikallisia tuotannonohjaustyökaluja. Uusi hajautettu tuotannonohjaus mahdollisti kevyempien järjestelmien kehittämisen ja käytön.

80-luvun lopulla nousi esiin kapeikkoajattelu tuotannonohjauksessa. Tässä ideologiassa tuotannon pullonkaula määrittää koko tuotannon ohjauksen. Pullonkaulaa ennen olevat

työvaiheet ajoitetaan imuohjauksen avulla siten, että ennen pullonkaulaa on aina määrätyn suuruinen puskuri. Kapeikon jälkeen olevat työvaiheet toimivat taas työntöohjauksella. Kapeikkoajattelun myötä syntyi uusi tuotannonohjausjärjestelmä OPT. Ohjelmiston tuotantosuunnitelmat perustuvat pullonkaulan suunnitelmiin. Tästä johtuen pullonkaulan suunnitelmia on noudatettava tarkasti ja pullonkaulan määrittelyn tulee olla tarkka. OPT ei ole pullonkaulan ulkopuolella niin virhealtis kuin MRP-ohjelmistot. (Blomqvist ym. 2001, 13.)

Seuraava ajanjakso tuotannonohjauksen kehityksessä keskittyy 90-luvulle ja LEAN-toimintatapaan. Lean-mallin esikuvana toimi jälleen Toyota. Lean-yrityksissä oli ymmärretty käsitellä yritystä kokonaisuutena, esimerkiksi tuotesuunnittelulla on suuri vaikutus tuotantoon. Aikaisemmat JIT-toimintamallit olivat mukana lean:issa, mutta vain osana suurempaa kokonaisuutta. Uuden toimintamallin lisäksi teollisuusautomaation ja tietotekniikan kehittyminen muutti yritysten toimintaa.

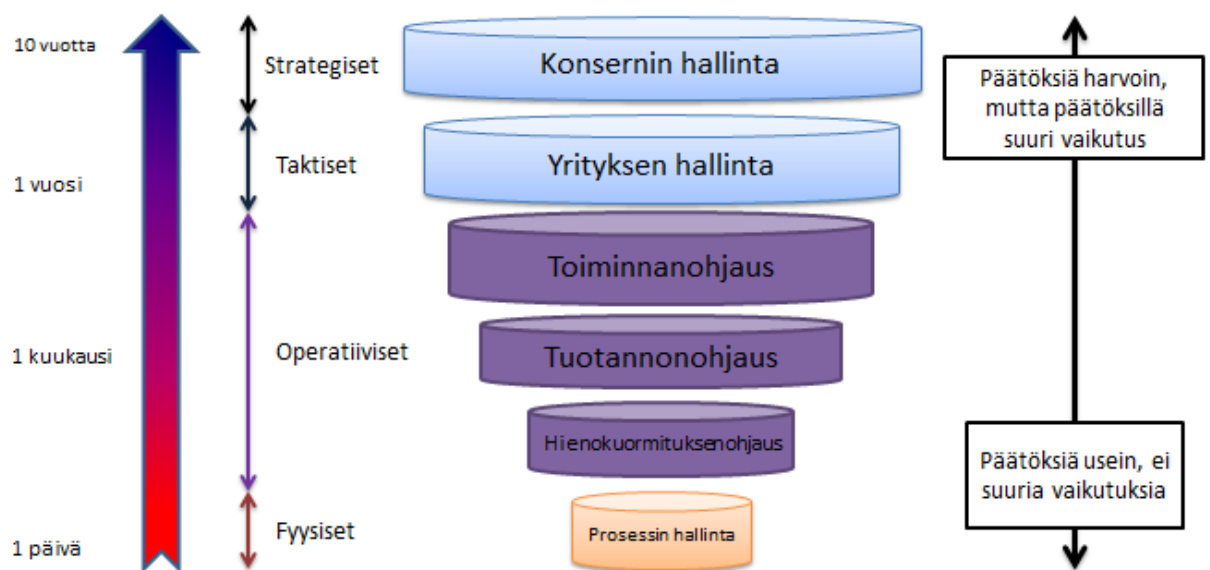
Myöhemmin 90-luvulla aloitettiin käyttämään JIT- ja MRP-ohjelmistoja rinnakkain, jolloin tuotannosuunnittelusta saatiin tarkempaa ja toteuttamiskelpoisempaa. Useiden ohjelmien integroituminen ja toimiminen yhdessä synnytti ERP:n eli toiminnanohjausjärjestelmän. ERP kattaa koko yrityksen toiminnan ja mahdollistaa yrityksen hallinnan yhdellä ohjelmistolla. ERP:n myötä havaittiin, että tuotantoa voidaan ohjata muutenkin kuin pelkällä MRP:llä. (Blomqvist ym. 2001, 13.)

90-luvun lopulla tietotekniikan ja internetin kehittymisen myötä ERP:n rinnalle syntyi APS- ja SCM-ohjelmia (Advanced Planning and Scheduling , Supply Chain Management). Kyseisiä ohjelmistoja kehitti pääosin muut ohjelmistoyritykset kuin ERP-toimittajat. Ohjelmistot oli tehty erillisiksi työkaluiksi suunnitteluun ja tuotannonohjaukseen. Myöhemmin ohjelmistoihin on kehitetty toimintarajapintoja, joilla saadaan kasattua erilliset ohjelmat yhdeksi suureksi kokonaisuudeksi. APS-ohjelmistot olivat parempia välineitä tuotannonohjaukseen, ne huomioivat kaikki tuotannon rajoittavat tekijät paremmin kuin tavalliset toiminnanohjausjärjestelmät ja ohjausalgoritmit. Paremman ohjelmoinnin lisäksi APS-ohjelmistot sisälsivät simulointi- ja optimointityökaluja. Ohjelmiston tuottamien suunnitelmien toteuttamiskelpoisuus riippuu suuresti määrittelyn onnistumisesta ja lähtöaineiston luotettavuudesta. (Blomqvist ym. 2001, 13.)

Myöhemmin ERP:n ja teollisuusautomaation väliin on syntynyt MES-tuotannonohjausohjelmistoja. MES-ohjelmiston avulla voidaan luoda tarkkoja tuotantosuunnitelmia hienokuormituksen tasolla sekä tehdä tuotannosta läpinäkyvää. Ohjelmisto mahdollistaa tuotannon reaaliaikaisen seurannan ja ohjaamisen sekä optimoida tuotantoa. Reaaliaikaisen seurannan avulla reagoiminen odottamattomiin tapahtumiin ja hienokuormituksen nopea uudelleen järjestely on yksinkertaista ja sen tulokset ovat luotettavia. Ohjelmiston avulla saadaan myös kerättyä huomattava määrä dataa esimerkiksi laadunvalvontaa ja tuotannon kehittämistä varten. (Ptak & Schragenheim 2004, 235.)

### 3.2 Hallintajärjestelmät yrityksessä

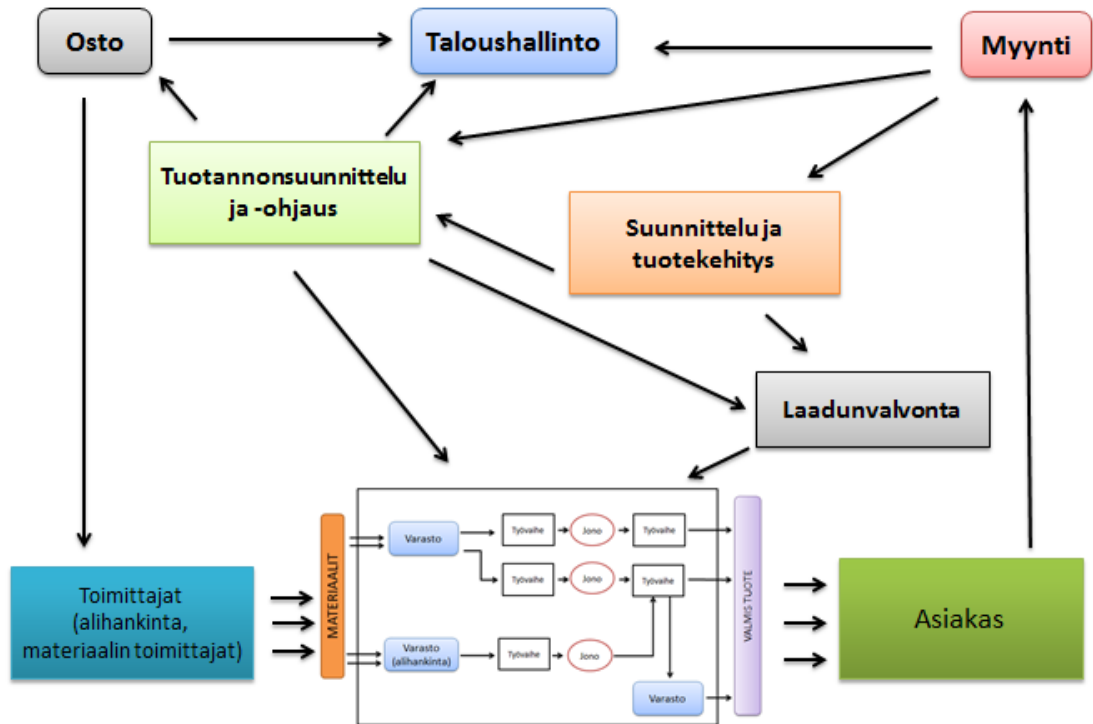
Tuotannonohjausjärjestelmä on osa koko organisaation hallintaa ja suunnittelutyökaluja. Usein valmistavanteollisuuden organisaatioissa on hierarkkinen hallintojärjestelmä.



KUVIO 2. Esimerkki hallintajärjestelmien hierarkiarakenteesta (Harrison & Petty 2002, muokattu)

Päätöksenteko ja hallinnointi aloitetaan konsernin tasolla strategian luomisella. Strategisilla päätöksillä määritetään koko organisaation toiminnan suunta ja tavoitteet. Tällä tasolla päätökset ja suunnitelmat koskevat yrityksen toimintaa useiden vuosien aikana. Strategisen tason päätöksistä vastaa konsernin hallitus. Strategisen tason jälkeen tulee taktinen taso.

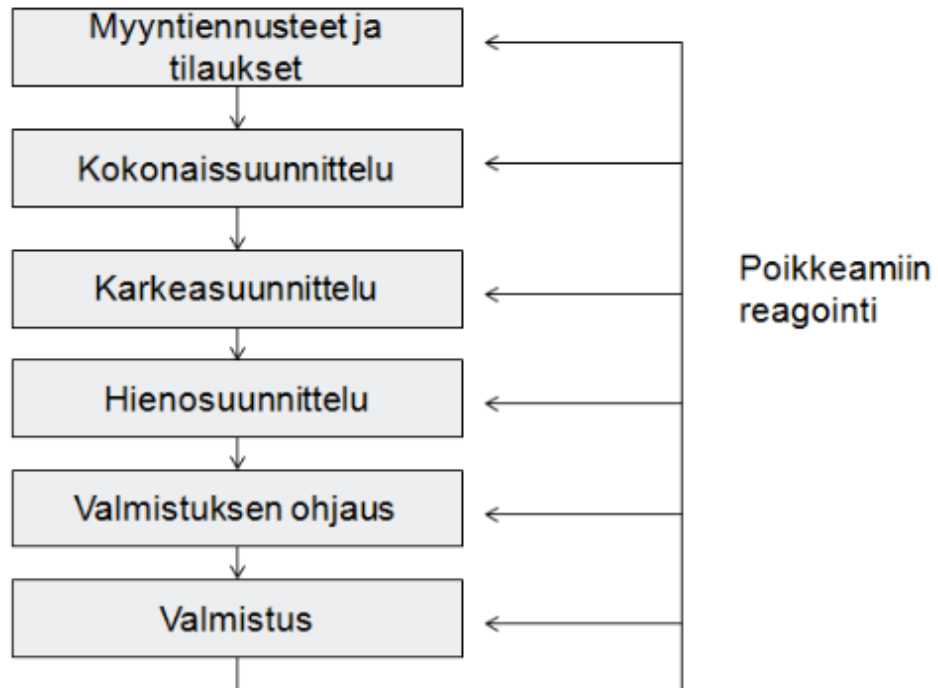
Taktiikassa päätetään yrityksen keskipitkän aikavälin toimintamalleista ja tavoitteista. Taktiset päätösten aikajänne on kuukausista muutamiin vuosiin. Strategisen ja taktisen johtamisen jälkeen tullaan hierarkiassa operatiiviselle tasolle. Operatiivinen taso käsittelee yrityksen päivittäisten työtehtävien hallinnan. (Harrison & Petty 2002, 7.)



KUVIO 3. Toiminnanohjauksen piirissä olevia osastoja (Harrison & Petty 2002, muokattu)

Operatiivinen päätöksenteko alkaa toiminnanohjauksesta. Tämä kattaa yrityksen päivittäisten asioiden hallinnan ja suunnittelun viikko ja kuukausitasolla. Toiminnanohjauksen piirissä ovat kaikki tuotantoon vaikuttavat osastot (kuvio 3). Toiminnanohjaus jakautuu eri osastoille omiksi hallintoelimiksi. Operatiivisessa päätöksenteossa suunnittelu on jatkuvaa. Vaikka toiminnanohjauksessa pyritään suunnittelemaan asioita pitämällä aikavälillä, aiheuttavat erilaiset poikkeamat, toiminnanohjauksen alaisissa osastoissa (kuvio 3.), jatkuvaa uudelleen suunnittelun tarvetta. Esimerkiksi materiaalipuutteen, tuotantohäiriöt ja konerikot aiheuttavat usein toiminnanohjauksen uudelleensuunnittelua. Mikäli tutkitaan tarkemmin valmistusprosessia ja sen suunnittelua, tulee seuraavana tasona tuotannonohjaus (kuvio 2). Tuotannonohjauksen avulla pyritään suunnittelemaan ja hallinnoimaan tuotantoa ja sen toimintaa. (Harrison & Petty 2002, 7.)

Tuotannonohjausprosessi aloittaa suunnittelun myyntiennusteiden ja tilauskannan pohjalta. Tuotannonohjausta voidaan toteuttaa tilaus- tai varasto-ohjautuvasti. Useissa yrityksissä käytetään sekä varasto- että tilausohjautuvaa tuotannosuunnittelua yhdessä.



KUVIO 4. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Haverila, 2009, 409.)

Tilausohjautuvassa tuotannossa valmistusprosessi aloitetaan vasta asiakkaan tekemän tilauksen myötä. Tällöin toimitusajat ovat pitempiä kuin varasto-ohjautuvassa tuotannossa. Tilausohjautuvan tuotannon edut ovat pieni varastoon sitoutunut pääoma ja tuotannon varmuus valmistettavan kappaleen ja kappalemäärän osalta. Tilausohjautuva tuotanto ei ole riippuvainen ennusteista. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa saavutettavat edut ovat lyhyet toimitusajat. Tämän tuotantofilosofian heikkoudet ovat tuotannonohjauksessa käytettävien ennusteiden epävarmuuksista johtuvia. Esimerkiksi ylimääräisten kappaleiden käsittely ja varastointikustannukset. (Peltonen 1998.)

Kuviossa 4 suunnittelu jaetaan kolmeen tasoon, useissa yrityksissä nämä tasot ovat eriteltävissä. Yrityksen suuruus kuitenkin vaikuttaa ratkaisevasti näihin suunnittelutasoihin. Pienemmät yritykset eivät tarvitse tuotannonohjaukseen kaikkia kolmea tasoa, vaan selviävät suunnittelusta esimerkiksi pelkän hienosuunnittelun avulla. Suuremmissa yrityksissä käsiteltävän datan ja hallinnoitavien muuttujien määrä on kuitenkin niin iso, että suunnittelu tarvitsee jakaa usealle eri tasolle. Valmistuksen ohjaus ja prosessien

hallinta ovat taas jatkuvaa tuotannon yhteydessä tapahtuvaa suunnittelua ja päätöksentekoa. Valmistuksenohjauksesta ja prosessinhallinnasta vastaavat usein työnjohtajat sekä tuotantotyöntekijät. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 410.) Kyseisessä työssä määritellään yrityksen uutta hienokuormitusjärjestelmää, mikä mahdollisesti otetaan käyttöön tuotannonohjauksen työkaluna. Tuotannonsuunnittelun ja ohjauksen tavoitteena on maksimoida tuotannon tehokkuus.

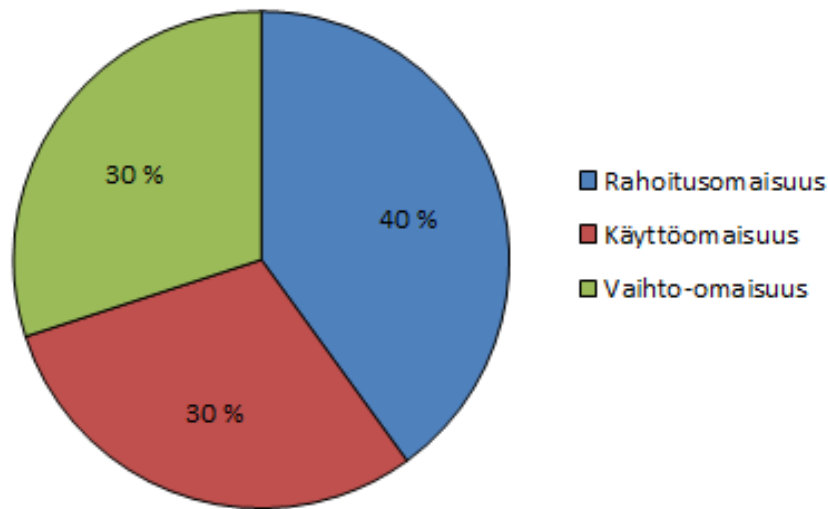
### 3.3 Tuotannonohjaus

”Tuotannonohjauksen tarkoitus on ohjata yrityksen tuotantojärjestelmää niin, että yrityksen päämäärä ja tavoitteet saavutetaan siltä osin kuin ne ovat tuotannosta riippuvaisia” (Miettinen 1993, 24.)

Tuotannonohjauksessa huomioitavat päätekijät ovat toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannukset, kapasiteetin toiminta-aste ja –suhde ja sidottu pääoma. Toimitusaika ja valmistuskustannukset ovat erityisen tärkeitä asiakkaan kannalta. Toimitusaika on aika, joka kuluu tilauksen vastaanottamisesta valmiin tuotteen toimitukseen asiakkaalle. Valmistuskustannukset taas pitkälti määrittelevät kappaleen myyntihinnan. Kasvaneen kilpailun takia nämä kaksi tekijää ovat erityisen tärkeitä asiakashankinnassa ja vanhojen asiakas suhteiden ylläpidossa. Toimitusaikoihin vaikuttaa materiaallinen saatavuus ja tuotannon läpäisy aika. Läpäisy aika on hyvä tapa mitata tuotannon tehokkuutta. Mitä lyhyempi läpäisy aika on sitä nopeammin saadaan lähetettyä valmiit tuotteet asiakkaalle, lisäksi lyhyt läpäisy aika lisää tuotannon joustavuutta ja reagoitokykyä. Valmistuskustannuksiin vaikuttavat kappaleen valmistukseen käytettävä aika ja materiaalikustannukset. Valmistuskustannuksissa on huomioitu käytetyn ajan lisäksi valmistuksessa käytettävien koneiden käyttötunnit. Erikoistyöstökoneilla esimerkiksi on suurempi konetuntihinta kuin perinteisillä sorveilla ja jyrsimillä. (Miettinen 1993, 24-26.)

Toimitusvarmuus kuvaa tuotannon onnistumista luvattujen toimitusaikojen suhteen. Toimitusvarmuus on yrityksen imagon kannalta suuri tekijä. Korkea toimitusvarmuus osoittaa asiakkaalle tuotannon toiminnasta, sekä auttaa asiakasta aikatauluttamaan omaa tuotantoansa. Kilpailun takia toimitusaikoja ei kuitenkaan voida pitkittää toimitusvarmuuden parantamiseksi. Tällöin tuotannonohjauksen rooli on suuri, jotta saadaan tarkkoja ja mahdollisimman lyhyitä toimitusaikoja, kuitenkin siten että tuotanto pystyy valmistamaan kappaleet määräaikaan mennessä. (Miettinen 1993, 25 ,26.)

Yhtenä tuotannonohjausta määrittävänä tekijänä on sidottu pääoma. Sidotulla pääomalla tarkoitetaan usein keskeneräisiin kappaleisiin, materiaaleihin ja varastoihin sidottua pääomaa. Tyypillisen konepajayrityksen pääoma jakautuu kuvion 5 mukaan.



KUVIO 5. Konepajayrityksen tyypillinen pääoman jakautuminen

Tuotannonohjauksen yhteydessä ilmenevä sidottu pääoma on vaihto-omaisuutta. Kyseinen pääoma on materiaali- ja valmisteverastoista sekä keskeneräisestä tuotannosta koostuva summa. Materiaalien lisäksi sidottuun pääomaan lasketaan keskeneräisiin kappaleisiin tehty työ ja sen aiheuttamat kustannukset. Tuotannonohjauksen yhtenä tehtävänä on pyrkiä pitämään vaihto-omaisuus mahdollisimman pienenä. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteita ei turhaan varastoida vaan kappaleiden arvoa pyritään koko ajan lisäämään valmistusprosessissa. Vaihto-omaisuutta pienentämällä voidaan vapauttaa pääomaa muualle (kuvio 5). Tuotantoon sidotun pääoman pienentymisellä voi olla suuri vaikutus sidotun pääoman tuottoasteeseen ja yrityksen kannattavuuteen. (Miettinen 1993, 26.)

Tuotannolle on laskettavissa jokin teoreettinen valmistuskapasiteetti. Teoreettinen kapasiteetti on usein laskettu siten, että koneet pystyisivät työstämään vuorokauden ympäri ilman taukoja. Useimmissa konepajoissa ei ole kuitenkaan mahdollista käyttää hyväksi koneiden täyttä kapasiteettia. Tällöin kapasiteetti on laskettu koneen tuotantokapasiteetin mukaan siten, että koneet toimivat työajan puitteissa. Joissakin yrityksissä kapasiteetin rajoittavaksi tekijäksi muodostuu henkilöresurssit. Näissä tilanteissa henkilöresurssit määrittelevät pitkälti koneen työskentelyajan ja kapasiteetti muodostuu sitä kautta. Tuo-

tannon toiminta-aste on teoreettinen tuotannon määrä aikayksikössä ja toimintasuhde toiminta-asteen ja kapasiteetin suhde. Toimintasuhde siis kuvastaa tuotannon tehokkuutta ja kapasiteetin käyttöä teoreettiseen kapasiteettiin verrattuna. Korkea toimintasuhde merkitsee sitä, että tuotannon laitteisto on tehokkaasti käytössä ja niihin sidottu pääoma tuottaa tulosta. (Miettinen 1993, 26.)

Yllä olevissa kappaleissa mainitut tuotannosuunnittelua ohjaavat päätekijät ovat kaikki sidoksissa toisiinsa. Yhteen tekijään vaikuttavat muutokset heijastuvat kaikkiin muihinkin määrittäviin tekijöihin. Esimerkiksi liian lyhyet toimitusajat ylikuormittavat tuotantoa, jolloin toiminta-aste pitäisi olla kapasiteettia suurempi ja tuotantoon syntyy pullonkaula. Pullonkaulan myötä kappaleille syntyy turhaa varastointia ja sidottu pääoma lisääntyy. Tuotannon kapasiteetin ylitys aiheuttaa usein myös toimituksen myöhästymisen, jolloin toimitusvarmuus laskee.

### **3.3.1 Karkeasuunnittelu**

Karkeasuunnittelu on kokonaissuunnittelusta seuraava, tarkempi taso kuten kuvio 4 osoittaa. Karkeasuunnittelua tehdään tavallisesti noin kahden viikon aikajänteellä. Suunnittelun perustana on useimmiten yrityksen tilauskanta, muita vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi varastotilanne ja valmistusbudjetin tavoitteet. Karkeasuunnittelu perustuu enemmän datapohjaiseen faktaan ja ennusteiden rooli on pienempi kuin kokonaissuunnittelussa.

Karkeasuunnittelun tehtävät voidaan Haverilan, Kourin, Miettisen ja Uusi-Rauvan mukaan jakaa kahteen ryhmään:

1. Resurssien käytön yleissuunnittelu
2. Toimituskyvyn määrittely

Resurssien käytön suunnitteluun kuuluu tuotannon vaatimien resurssien määrittäminen ja yleissuunnitelma niiden käytöstä. Tuotannon resursseihin kuuluu henkilö-, kone- ja laiteresurssit. Kyseiset resurssit tulee määrittellä yleisellä tasolla, resurssien tarkempi määrittely tapahtuu hienosuunnittelun toimesta. Karkeasuunnittelussa tehdään myös päätökset tarvittavista kapasiteetin lisäyksistä tai vähennyksistä. Toimituskyvyn määrittely on karkeasuunnittelun toinen keskeinen tehtävä. Karkeasuunnittelu vastaa yleisesti

asiakkaalle luvatuista toimitusajoista. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 415,416.)

Karkeasuunnittelussa luodaan alustava tuotantosuunnitelma, valmistuskapasiteetin puitteissa ja ylläpidetään karkeakuormitusta. Karkeakuormituksessa hallinnoidaan tilausten vaatimia valmistuskapasiteetteja, siten ettei tuotanto ylikuormitu. Karkeakuormitusta suunniteltaessa nähdään, miten eri tilaukset ja tuote-erät rasittavat tuotantoa ja kuinka suuri osa kapasiteetista on käytössä. (Haverila ym. 2009, 416.)

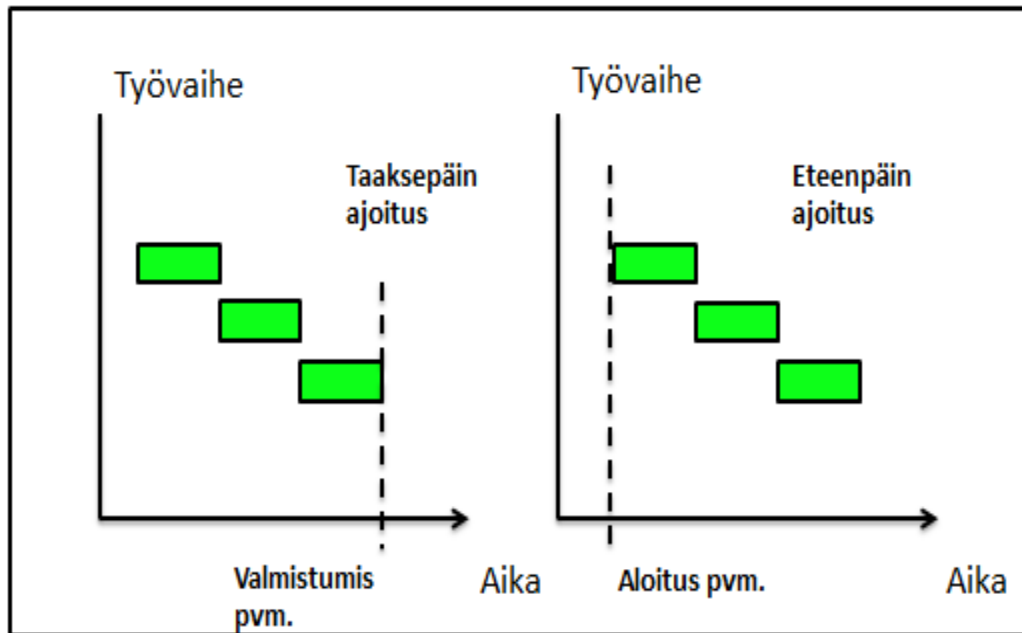
Karkeasuunnittelussa käytetään suurempia kuormitusryhmiä, esimerkiksi kokonaisia tuotantolinjoja tai koneryhmiä. Tällöin karkeasuunnittelussa ei tarvitse määrittää tarkasti konekohtaisia kapasiteetteja. Usein karkeasuunnittelu pohjautuu avain- tai pullonkaulakuormitusryhmien suunnitteluun. Kyseisten kuormitusryhmien kapasiteetti on pienin jolloin ne rajoittavat tuotantoa ensimmäisenä. Kun avain- ja pullonkaularyhmille saadaan tehtyä toimiva suunnittelu, riittää tuotantokapasiteetti muissakin kuormitusryhmissä. Karkeasuunnittelussa tehdään tuotantoerille karkea ajoitus rajoittamattomaan kapasiteettiin. Tällöin kuormitukseen syntyvillä hetkellisillä yli- ja alikuormitustilat eivät ole ongelma. Yli- ja alikuormitukset pyritään tasaamaan hienosuunnittelun toimesta. (Haverila ym. 2009, 416.)

### **3.3.2 Hienosuunnittelu**

Hienosuunnittelun tehtävänä on tuotannon tarkka aikataulutus ja yksityiskohtainen suunnittelu. Suunnittelun perustana käytetään karkeasuunnittelun tekemä karkeaa ajoitusta. Hienosuunnittelussa muodostetaan valmistuserät ja suunnitellaan tuotannon yksityiskohtainen aikataulutus yksittäisten koneiden ja prosessien tasolla. Tuotantoeriä pyritään myös järjestelemään siten, että asetusajat olisivat mahdollisimman pienet.

Työvaiheiden ajoitus ja hienokuormitussuunnitelman luominen vaatii tuotteen työvaiheiden ja niiden vaiheaikojen tarkkaa tuntemista. Tietojen tarkkuudesta riippuu suunnitelmien tarkkuus ja luotettavuus. Myös tuotannon nykytilan tunteminen on tärkeässä roolissa. Työjonot, aikaisempien tuotantosuunnitelmien jättämät ja tuotantohäiriöt vaikuttavat kapasiteettiin ja tulevien tuotantoerien aikataulutukseen. Hienosuunnittelua pyritään tekemään mahdollisimman pienellä aikajänteellä, jotta suunnittelu olisi tarkkaa ja ajanmukaista. (Haverila ym. 2009, 418.)

Tuotannon ajoitus voidaan toteuttaa kahdella eri menetelmällä, eteen- tai taaksepäin ajoittamalla. Eteenpäin ajoituksessa valitaan kappaleen ensimmäisen työvaiheen aloitusajankohta ja tästä eteenpäin ajoitetaan seuraavat työvaiheet. Taaksepäin ajoituksessa ajoitus määräytyy tuotteen valmistumisen mukaan. Viimeinen työvaihe asetetaan loppumaan vaadittuna aikana ja siitä alkaen lähdetään ajoittamaan työvaiheita käänteisessä järjestyksessä normaaliin vaiheistukseen nähden.



KUVIO 6. Taakse- ja eteenpäin ajoitus

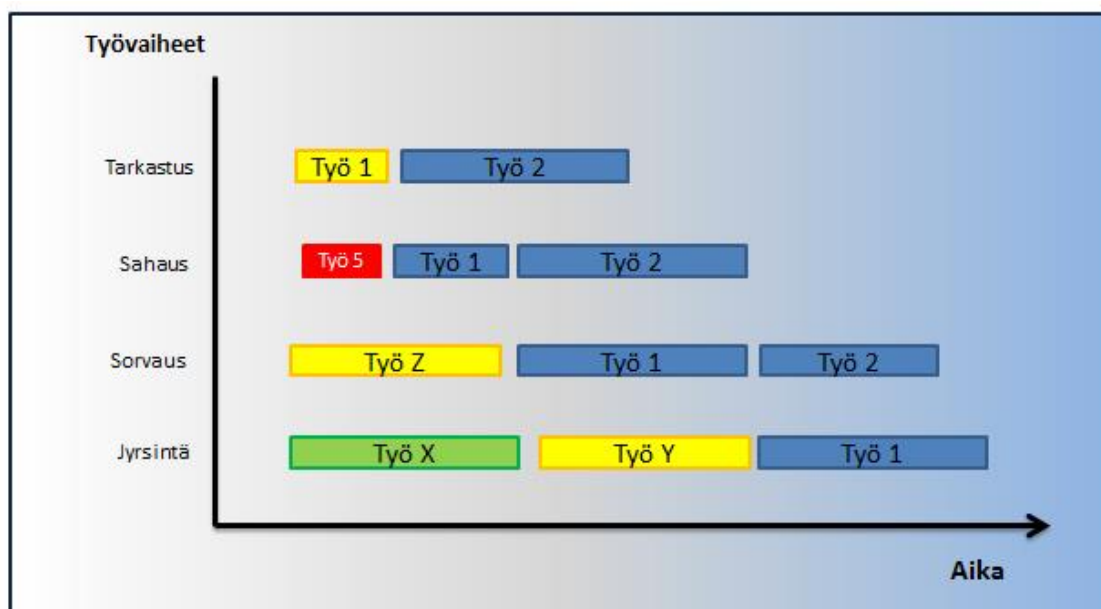
Taaksepäin ajoitus on yleisin tapa tuotannon ajoituksessa. Tällä tavoin pyritään varmistamaan tuotteiden toimitusajan pitävyyttä. Taaksepäin ajoituksen yksi ongelmista on tuotannon ylikuormittuminen. Tuotannon ylikuormittuminen vaatii tuotantoresurssien lisäämistä tai pahimmillaan kappale-erien priorisointia toimitusaikojen suhteen. Karkeasuunnittelu käyttää yleisesti ajoitusta rajoittamattomaan kapasiteettiin, tällöin ei oteta huomioon tuotannon kuormitustilannetta eikä tuotannon siirtymäaikoja. Hienosuunnittelun tehtävänä on suunnitella tuotanto siten, että tuotannon kapasiteetti ja muut rajoitteet otetaan huomioon. (Haverila ym. 2009, 419.)

Hienokuormituksen suunnitteluun on olemassa paljon tietokoneohjelmistoja suunnittelun helpottamiseksi. Ohjelmistot käyttävät erilaisia algoritmeja aikataulujen laskemiseen. Jotta aikataulut olisivat luotettavia, vaatii ohjelmiston määrittäminen tarkkuutta. Ohjelmistot ovat parhaimmillaan vakiintuneessa tuotannossa, esimerkiksi prosessiteolli-

suudessa ja massatuotannossa. Kyseiset ohjelmistot ovat kalliita investointeja, joten sellaisen hankkiminen on järkevää vain, jos sillä säästetään kustannuksia huomattavasti. Rahallisten säästöjen lisäksi ohjelmistolla voidaan parantaa toimitusvarmuutta, mikä vaikuttaa yrityksen imagoon positiivisesti.

### 3.3.3 Gantt-taulu

Gantt-taulu on visuaalinen tapa esittää tuotannon kuormitusta. Sitä käytetään usein tuotannonsuunnittelun työkaluna. Gantt-taulu on niin sanottu legopalikkataulu jossa työvaiheet ovat eri pituisia palikoita. Vaaka-akseli kuvaa aikaa ja pystyakselilta löytyy työvaiheet. Työvaiheiden pituus kuvaa vaiheen kestoa aika-akselilla. (Haverila ym. 2009, 421.)



KUVIO 7. Esimerkki Gantt-taulusta

Työvaiheita voidaan luokitella nimeämällä ne tai värikoodin avulla. Esimerkki taulussa (Kuvio 7.) työt on nimetty ja värin avulla kerrotaan työvaiheen tilaa. Esimerkki taulussa sinisellä merkityt työt ovat jonossa olevia töitä, keltaiset aloitettuja ja vihreät valmiita työvaiheita. Punaisella usein merkitään myöhästynyttä työvaihetta. Visuaalisen näkymän avulla suunnitelmasta tulee helpommin ymmärrettävä ja informatiivisempi.

Nykyaikaisten ohjelmistojen avulla gantt-tauluja voidaan päivittää reaaliajassa, jolloin tuotannosuunnitelman gantt-näkymä muuttuu koko ajan tuotannon kirjauksien mukaan. Reaaliaikaisen seurannan avulla reagointi tuotannon tapahtumiin on helpompaa ja tieto toimenpiteitä vaativista tapahtumista välittömästi tuotannonsuunnittelun saatavissa.

## 4 OHJELMISTON MÄÄRITTELY

### 4.1 Yleisesti

Ohjelmiston määrittelemiseksi sovittiin erillisestä määrittelyprojektista, jolla selvitettiin Tasowheel-konsernin tarpeet. Ohjelmiston tiimoilta oli päätetty tehdä esiselvitys SWD Oy:n kanssa. Tapaamisten tarkoituksena oli rajata ohjelmiston käytön laajuus, selvittää ohjelmiston käyttöönoton vaatimat tiedot ja selvittää mahdolliset jatkokehityskohteet. Ensimmäinen implementaatio on tarkoitus pitää mahdollisimman yksinkertaisena, jotta ohjelmistoa päästäisiin kokeilemaan mahdollisimman pian vanhojen järjestelmien rinnalla. Määrittelyssä päätettiin, että ohjelmistosta tulee aluksi vain tuotannosuunnittelun työkalu, jota käytetään hienokuormituksen ohjaamiseen.

Projektilla etsittiin ratkaisua tuotannosuunnittelun haasteisiin. Yritykset tarvitsevat ohjelmiston, jolla pystyttäisiin luomaan luotettavia tuotantosuunnitelmia ja sitä kautta vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin. Luotettavan tuotantosuunnitelman avulla voitaisiin paremmin täyttää asiakkaan toiveet toimitusaikojen osalta. Lisäksi yhtenä selkeänä tavoitteena on kilpailukyvyn nostaminen läpimenoaikoja lyhentämällä, toimitusvarmuutta parantamalla ja KET:iä pienentämällä.

SWD<sup>PES</sup> –ohjelmisto on laaja koko tuotantoketjun hallintaan soveltuva ohjelmisto. SWD Oy on nettisivuillaan maininnut seuraavia toimintoja ja työkaluja tuotannon hallintaa.

Tuotannonohjaukseen:

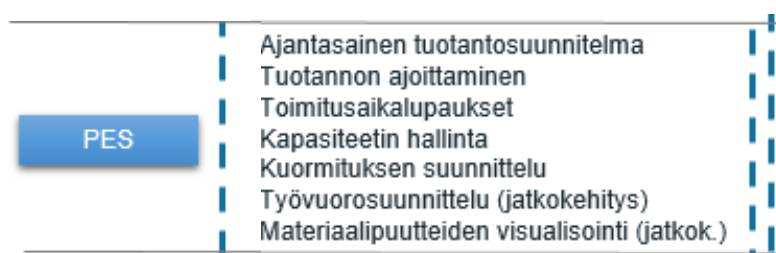
- Visuaalinen ja monipuolinen gantt- suunnittelunäkymä drag'n drop -periaatteella
- Työjonojen suunnittelu mahdollista myös listamuotoisessa näkymässä, joka toimii yhdessä gantt-näkymän kanssa
- Gantt- näkymän visualisointi: työn edistymä, materiaali puutteet, myöhästyvät tilaukset
- Mitä-jos -analyysit ja eri vaihtoehtojen simulointi tehdään käyttäen SWD PES:n muistinvaraisia ja nopeita skenaarioita
- Automaattiset töiden ajoitukset kaikkien töiden osalta
- Materiaali puutteiden laskenta ja visualisointi

- Suunnittelua tukevat apunäkymät
  - Työjononäkymät jokaiselle resurssille
  - Häilytykset lista: materiaalipuute, työvaiheiden ajoitus, jättämä
  - Resurssien käyttöaste
  - Toimitusvarmuus kokonaisuutena ja yksittäisen tuotantotilauksen tasolla
  - Töiden statuksen seuranta
  - JIT pullonkaula analysointtori
  - Tuotantotilaukset näkymä

## MES

- Työjonojen selailu
  - Resurssin työjonon visualisointi
  - Työjonojen kuittaukset
  - Tilaukseen liittyvien dokumenttien ja kommenttien esittäminen
- Varastojen hallinta
- Laatutietojen kirjaaminen
- Töiden kuvat
- Työtuntien kirjaaminen
- Tuotannon visuaalinen seuraaminen

Kuten yllä olevista listoista pystyy havaitsemaan, on kyseinen ohjelmisto laaja ja monipuolinen. Kaikkien työkalujen käyttöönotto yhtäaikaaisesti ei kuitenkaan ole järkevää eikä tarpeellista. Osa yllämainituista työkaluista ja ominaisuuksista löytyy jo käytössä olevista ohjelmistoista ja osa voidaan implementoida ohjelmistoon vasta myöhemmin. Ylimääräisten ja tarpeettomien liitännäisten karsiminen on myös taloudellisesti tarpeellinen toimenpide, koska ohjelmiston lopullinen hinta muodostuu osittain ohjelmistoon liitettyjen työkalujen mukaan. Jotta saatiin selville SWD<sup>PES</sup>:sin todellinen rooli ja käyttötarkoitus yrityksessä, tehtiin yrityksen ohjelmistosta järjestelmäkartta (Liite 1).



KUVIO 8. SWD<sup>PES</sup>:sin rooli järjestelmäkartassa

Roolituksen ja käyttötarkoituksen päättämisen jälkeen, voitiin aloittaa ohjelmiston vaatima määrittely. Ensimmäisessä vaiheessa ohjelmistoon määritellään kuormitusryhmät ja niiden koneille konekalenterit. Myöhemmin kapasiteettia tullaan mahdollisesti hallitsemaan työvuorosuunnittelun ja henkilökapasiteettien avulla. Ennen ohjelmiston käyttöönottoa tulee kuitenkin määrittellä eri tuotenimikkeiden vaiheajat ja työvaiheiden asetusajat. Asetus- ja kappaleajat ovat kuormituksen kannalta oleelliset tiedot ohjelmiston toiminnan kannalta.

## 4.2 Asetusaikojen määrittäminen

Määrittelyä varten asetusajat ovat saatavissa Powered:in datasta. Powered:ista löytyy valmiiksi valmistettavan kappaleen jokaiselle työvaiheelle määritetty asetusaja. Näitä kyseisiä asetusajoja käyttää myös SWD<sup>PES</sup>. Asetusajan pituus määrittyy pitkälti kolmen tekijän pohjalta; kone, kiinnittimet ja työkalut. Määrittelyn aluksi selvitettiin työvaiheet, joille on järkevää ja kannattavaa määrittää asetusajoja, tuotannon optimoinnin kannalta. Määriteltävät työvaiheet ovat seuraavat:

- Sorvaus
- Hammastus/Vierintäpisto
- Hionta/kovatorvaus
- Hammashionta

Sorveilla työkalukirjasto pysyy pitkälti samana, vaikka kappaleet vaihtuvat samoin myös kiinnitys. Joissain tapauksissa kuitenkin voidaan joutua vaihtamaan kiinnityspakka tai sorvin kara, jolloin asetusaja on huomattavasti pidempi. Vierintäjyrsinnässä, vierintäpistossa ja hionnassa ei koneista löydy työkalukirjastoa, tällöin terää joudutaan vaihtamaan melkein aina, kun työstettävän kappaleen nimike vaihtuu. Lisäksi kiinnittimien vaihtaminen ja automaattisen vaihtajan sisältävissä koneissa kuljettimien palettien vaihtaminen vievät aikaa. Asetusajoja saataisiin merkittävästi pienennettyä, mikäli töitä saataisiin järjestettyä siten, että kiinnittimien, terien ja kappalekuljettimien kiinnittimien asetusajat saataisiin minimoitua. Asetusajan optimointiin löytyi lukuisia eri määreitä. Tuotantotilaukselta voidaan saada useita eri tekijöitä, jotka vaikuttavat kaikkiin tai vain yhteen työvaiheeseen.

Ensimmäinen asetusaikoihin vaikuttava tekijä on uusi nimike. Uudet nimikkeet vaativat aina tuotannolta enemmän kuin vanhat prosessit. Uudet nimikkeet vaativat usein ensimmäisessä tuotantoerässä pidemmät asetusaajat, yleensä jokaisella työvaiheella. Reklamaatiotyöt ovat toinen tuotantotilaukselta saatava määre. Reklamaatiot vaikuttavat usein vain yhden työvaiheen asetusaikaan. Reklamaatiotöissä pidemmän asetusaajan usein aiheuttaa työstökoneen ohjelmaan tehtävät muutokset, tai korjauksen vaatima kookon uuden ohjelman tekeminen.

Nimikkeeltä saadaan taas useita eri määreitä, jotka voivat lyhentää asetusaikaa, mikäli edellisen valmistetun nimikkeen ominaisuudet täsmäävät seuraavan valmistettavan nimikkeen kanssa.

- Nimikkeen asetusaikamääreet
  - Ominaisuusryhmä (akseli,hammaspyörä,jne.)
  - Moduuli (hampaan koko)
  - Ryntökulma
  - Reiän halkaisija
  - Profiili/laatuluokka
  - Pituus
  - Hammasluku
  - Vinouskulma
  - Aihion leveys
  - Aihion halkaisija
  - Ulkohalkaisija

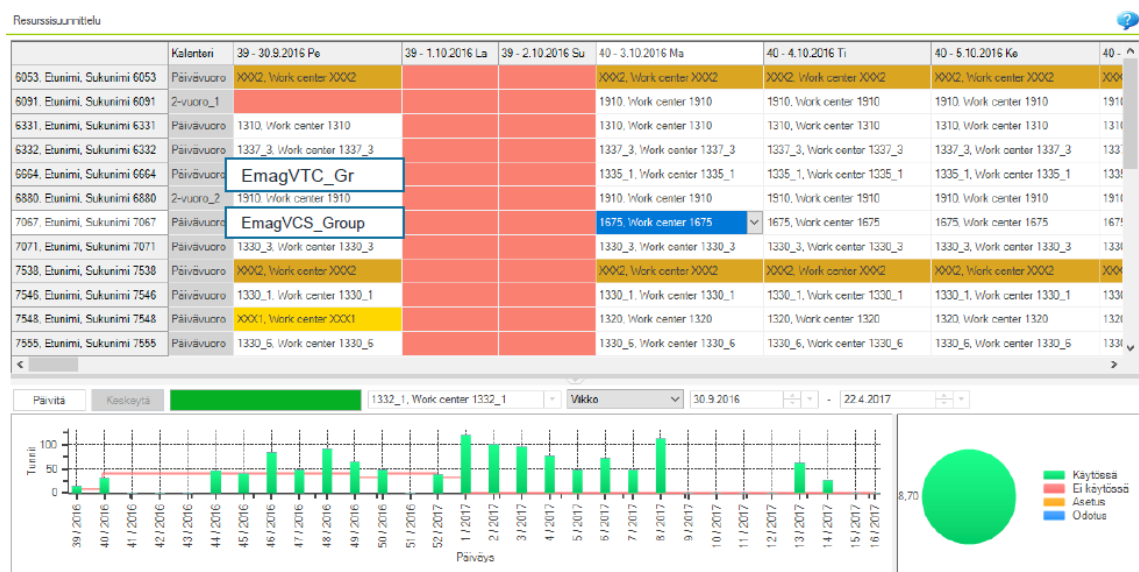
Hammastuksen määreet vaikuttavat olennaisesti käytettävään terään. Mikäli seuraavan nimikkeen hampaan ominaisuudet täsmäävät edellisen nimikkeen kanssa ei terää tarvitse vaihtaa ja tällöin asetusaika pienenee. Aihion mitat ja reiän halkaisija vaikuttavat puolestaan käytettäviin kiinnikkeisiin.

Asetusaikojen optimointi päätettiin kuitenkin jättää käyttöönoton ensimmäisestä vaiheesta pois, ja siihen palattaisiin mahdollisesti uudestaan myöhempien lisä-asennusten aikana. Syynä tälle oli asetusaikojen optimoinnin kompleksisuus. Yhtenä ohjelmiston hankinnan pääsyynä oli keskeneräiseen tuotantoon ja varastoon sitoutuneen pääoman pienentäminen. Näin aikaisessa vaiheessa tuotannon optimointi siten, että asetusaikojen optimointi ja KET:in pienentäminen samanaikaisesti on haastavaa.

Mikäli tuotanto ajoitettaisiin ohjelmiston avulla siten, että tuotantoajasta mahdollisimman vähän olisi asetusaikaa, tällöin kappaleiden läpimenoaika saattaisi pidentyä ja keskenräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma kasvaisi. Jotta liitteessä 2. mainittuihin tavoitteisiin päästäisiin, jätettiin asetusaikaoptimointi vielä tässä vaiheessa manuaalisesti suoritettavaksi työnjohdon tehtäväksi.

### 4.3 Vuorokalenteri ja kapasiteetin määrittely

Tasowheel Gears Oy:ssä toteutetaan tuotannon työntekijöiden vuorosunnittelu erillisen Acces tietokannan avulla. Accesin lisäksi Powered:iin on määritetty kapasiteetit kuormitusryhmittäin. Määrittelyn yhteydessä neuvoteltiin vuorosunnittelun siirtämisestä SWD<sup>PES</sup>:siin. Vuorokalenteri auttaisi määrittelemään tuotannon kapasiteettiä huomattavasti tarkemmin. Kapasiteetin luominen vuorosunnittelun avulla, alkaisi jokaisen työntekijän henkilökohtaisen vuoron ja työajan määrittämisellä. Seuraavaksi jokaiselle työntekijälle määritetään kuormitusryhmä, jossa kyseinen henkilö tulee työskentelemään. Näin saadaan kuormitusryhmälle resurssit sen kuormittamista varten.



KUVIO 9. Resurssisuunnittelun näkymä (Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti, SWD<sup>PES</sup> määrittely, sähköpostiviesti, kimmo.kanninen@swd.fi, 6.4.2018)

Kuormitusryhmien kapasiteetti määräytyy niille, vuorosunnittelussa määritetyn henkilöresurssien mukaan. Vuorosunnittelun toteuttaminen SWD<sup>PES</sup>:sin avulla, mahdollistaisi kapasiteetin nopean muokkaamisen esimerkiksi sairauspoissaolojen osalta ja näin tuotannonsuunnittelu pystyisi reagoimaan paremmin kapasiteettimuutoksiin.

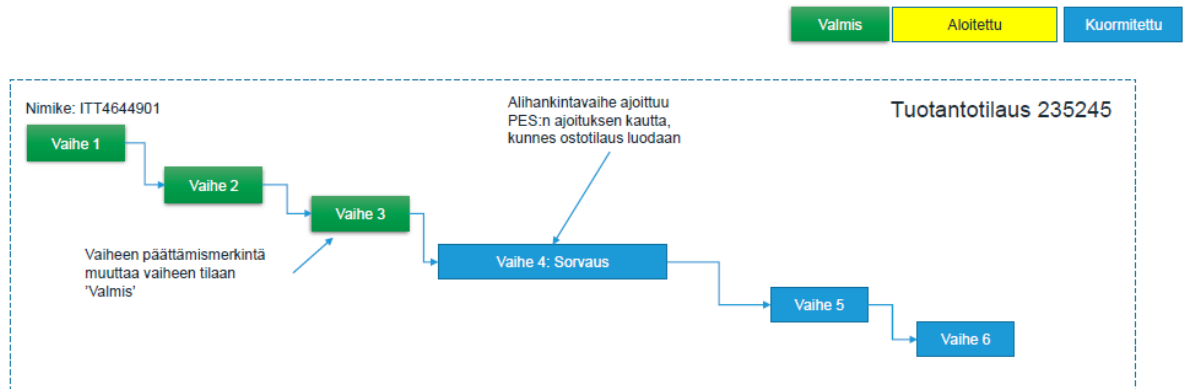
Monikonekäytön takia resurssisuunnittelu osottautui haasteelliseksi. Resurssisuunnittelussa tulisi asettaa saman työntekijän resursseja usealle eri koneelle ja arvioida resurssit jokaiselle henkilön käyttämälle koneelle erikseen. Resurssien määrittelyä vaikeuttaa myös monikoneajon lukuisat eri vaihtoehdot. Kuten edellä on mainittu löytyy yrityksen konekannasta robottipanosteisia työstökoneita, automaattisia vaihtajakoneita, sekä manuaalista kappaleenvaihtoa vaativia koneita. Eri kombinaatioiden määrä on suuri ja siksi luotettavan resurssisuunnittelun toteuttaminen manuaalisesti pienellä vaivalla todettiin mahdottomaksi tässä vaiheessa projektia. Projektin alkuvaiheessa päätettiin toteuttaa ensimmäisen asennuspaketin yhteydessä konekalenteri, jonka avulla lähdetään hallinnoimaan kapasiteettia. SWD Oy alkaa kehittämään monikonekäyttöä tukevaa resurssisuunnittelu-lisäosaa ohjelmaan, mikäli markkinoilla on kysyntää kyseiselle työkalulle. Se mahdollisesti otetaan jatkokehityksessä käyttöön myös Tasowheel Gears:issa.

#### **4.4 Alihankinta-vaiheen toteutus**

Gearsin tuotantoon liittyy olennaisesti alihankinnassa toteutettavat prosessit. Yleisimpiä alihankinnassa teetettäviä työvaiheita ovat karkaisut, pintakäsittelyt, sorvaukset ja jyrsinnät. Joskus myös muita työvaiheita saatetaan ostaa alihankinnassa tuotannon yli-kuormittumisen purkamiseksi. Lisäksi alihankinnasta ostetaan erilaisia hiontoja kapasiteetin tasauksen takia. Asiakkaiden tiukentuneet laatuvaatimukset tiukentavat laadunvalvonnan tarkkuutta ja alihankinta vaikeuttaa olennaisesti laadun seurantaa. Alihankinnassa teetettävä työvaihe vaatii aina erillisen ostotilauksen luomista ERP:iin, joten samaa keinoa päätettiin käyttää myös SWD<sup>PES</sup>:sin alihankintaprosessin käsittelyyn ja vaiheen purkamiseen työjonosta.

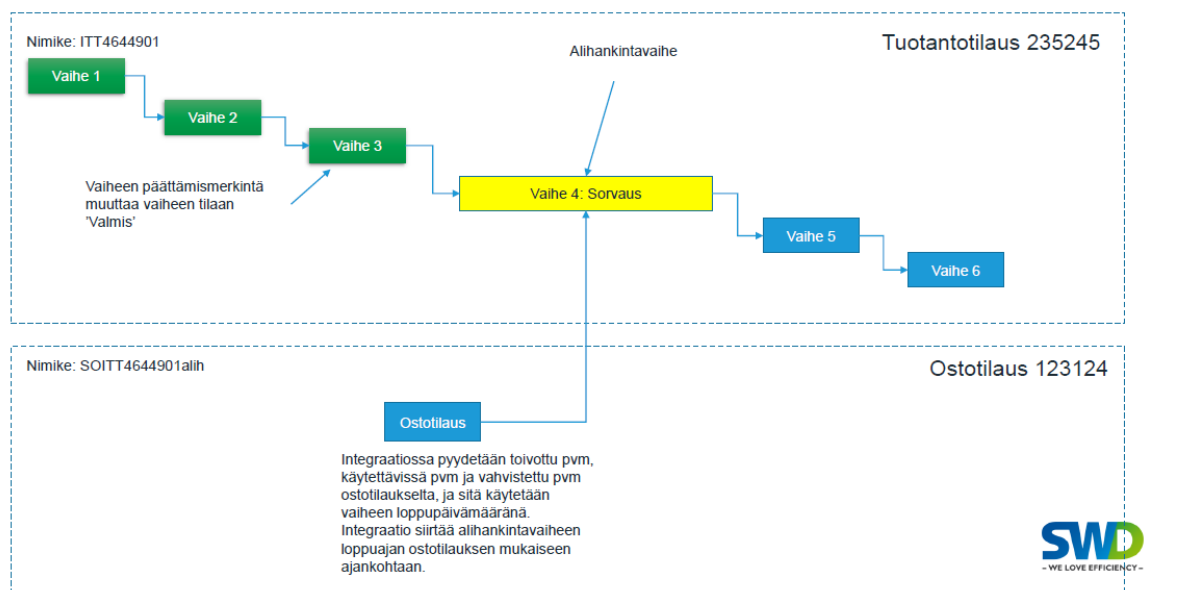
#### 4.4.1 Esimerkki vaiheen alihankinnasta

Tässä kappaleessa on havainnollistettu alihankintavaiheen toteuttamista PES-ohjelmistolla. Esimerkkikappale on kuvitteellinen ja sille on luoto jokin rakenne työvaiheiden osalta.



KUVIO 10. Nimikkeen työjono (Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti, SWD<sup>PES</sup> määrittely, sähköpostiviesti, kimmo.kanninen@swd.fi, 6.4.2018)

Kappaleen valmistus on kuviossa 10 edennyt sorvaukseen. Tuotantotilauksen 4. vaihe päätetään siirtää alihankintaan, esimerkiksi ylikuorman purkamiseksi. Vaiheen siirtäminen alihankintaan aloitetaan tekemällä kappaleelle ostotilaus ERP:iin nimikkeellä ”SOITT4644901alih”. SWD<sup>PES</sup> saa vaiheen tiedot ja alihankintaprosessin keston ERP:stä, sinne merkattua ostotilauksen vahvistettu- päivämäärää käytetään alihankintavaiheen päättämispäivänä, hienokuormituksen suunnittelussa.



KUVIO 11. Ostotilauksen luominen (Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti)

Työvaihe muuttuu aloitetuksi, kun siitä on tehty erillinen ostotilaus ja edellinen työvaihe on merkitty tehdyksi. Viimeiseksi vaihe kuitataan valmistuneeksi, kun nimikkeelle alihankintaa varten tehty ostotilaus kuitataan vastaanotetuksi Powered:in kautta. Alihankinnan kuormitus PES:issä toteutetaan aluksi Powered:in kautta, koska ei haluta, että PES kirjoittaa dataa Powered:iin. PES siirtää Powered:iin vain ajoitustiedot työvaiheiden osalta. Edellä mainituilla toimenpiteillä varmistetaan, että yrityksen tuotannonohjauksen nykyinen runko pysyy luotettavana. Toimintatapoja voidaan kuitenkin tulevaisuudessa muuttaa, kun PES-ohjelmisto on saatu integroitua osaksi yrityksen päivittäistä toimintaa.

#### 4.5 Toimitusaikakysely

Toimitusaikalupaukset tehdään Powered:in kirjattujen aikojen mukaan. Jokaiselle nimikkeelle on luotu rakenne, joka sisältää kappaleen työstö- ja asetusajat työvaiheittain. Lisäksi jokaisen työvaiheen välillä on laskennallinen siirtymäaika. Näiden ERP:hen merkittyjen tietojen pohjalta voidaan tehdä toimitusaikalupauksia yhdessä työnjohdolta saatujen tuotannon tilannearvioiden kanssa. Nykyinen toimintamalli perustuu kuitenkin pitkälti arvioihin, koska ERP:n tuotantosuunnitelma ei huomioi tuotannon kapasiteettia. Tästä syystä tuotantotilauksen valmistumispäivämäärät ovat arvioita. Yhä useampi asiakas vaatii lisätilauksia tehdessään dataa siitä, että tuotannossa on kapasiteettia tarpeeksi uuden tilauksen valmistamiselle. SWD<sup>PES</sup>-ohjelmasta on suunniteltu Tasowheel-konsernille myös apuvälinettä S&OP tehtäviin. Näitä tehtäviä tulisi olemaan juurikin toimitusaikalupausten varmentaminen ohjelmiston avulla ja vapaan kapasiteetin tarkistaminen uusia tilauksia varten.

Käytännössä toimitusajan varmentaminen ohjelmiston avulla tapahtuu siten, että PES:siin luodaan haamutilaus. Haamutilauksen luoman kapasiteettitarpeen pohjana käytetään vanhan nimikkeen kohdalla, nimikkeelle ERP:hen luotua rakennetta ja vaiheaikoja. Uuden nimikkeen kohdalla käytetään vanhan nimikkeen rakennetta, jonka rakenne on mahdollisimman samankaltainen kuin uuden nimikkeen rakenne. Kuormittamalla tällainen haamutilaus työjonoon, saadaan selville PES:sin laskema aikaisin mahdollinen valmistumispäivämäärä tulevalle tilaukselle. Haamutilausten kuormitusta voidaan käyttää myös asiakkaille osoituksena siitä, että tuotannossa on kapasiteettia uusien tilausten valmistamiseen vaaditussa ajassa.

## 5 YKSIKKÖ- JA ASETUSAJAT

SWD<sup>PES</sup>- ohjelmisto luo tuotantosuunnitelmat ajoittamalla ja kuormittamalla työt joko rajoitettuun tai rajoittamattomaan kapasiteettiin. Jotta tuotantotilausten aiheuttama kuorma saadaan realistisesti kuormitettua määritettyyn kapasiteettiin, tarvitaan tuotantotilauksen jokaiselle työvaiheelle laskennalliset aika-arvot, kuormitusryhmä ja valmistettava kappalemäärä. PES saa kaiken edellä mainitun informaation ERP:n kautta. Tuotannonohjausjärjestelmään on kirjattu jokaiselle nimikkeelle rakenne, joka koostuu eri työvaiheista. ERP:iin on jokaisen nimikkeen työvaiheille merkitty laskennalliset asetusajat ja yksikköajat. Kyseisistä aikamääreistä seurataan myös toteumaa tuotannon kirjausten kautta. Tuotannon työntekijät kirjaavat Powered:iin työvaiheeseen kuluneet työtunnin, asetusajan, yksikköajan, valmistuneen kappalemäärän ja mahdollisesti vialliset kappaleet.

PES:in luoma tuotantosuunnitelma on yhtä tarkka kuin sille annetut lähtötiedot. PES:in hienokuormituksen laadun parantamiseksi päätettiin vertailla yksikkö- ja asetusaikojen eroja laskennallisten arvojen ja toteuman välillä. Selvitystä lähdettiin selvittämään PowerBI:hin tuodun datan avulla. PowerBI:tä käytetään toiminnanohjausjärjestelmän datan visualisointia varten. Tässä tilanteessa käytettiin ”päätyneet työvaiheet” näkymän dataa (liite 3). Data siirrettiin Excel:iin rajaamista ja lajittelua varten. Jokaiselle kuormitusyksikölle luotiin oma taulukko.

Kuormitusyksiköt:

- Sorvaus
- Hammastus
- Hionta
- Hammashionta
- Kokoonpano
- Jyrsintä ja poraus
- Avennus ja kiilauritus
- Vierintäpisto
- Sahaus

Kaikki kuormitusyksiköt sisältävät kuormitusryhmiä, eli yksittäisiä koneita. Excelissä taulukot järjestettiin nimikkeiden mukaan ja niistä karsittiin kyseisen työn kannalta turhan parametrit pois.

Otanta töistä oli hyvin suuri, valmistuneiden työvaiheiden data nimikekohtaisesti haettiin PowerBI:ssä vuoden ajalta, minkä jälkeen data vietiin Excel: iin.

PVM	Työnro-vaihe	Vaihe	Määräkorj. ajan ylitys(h)	Suunn. aika(h)	Summa – Käytetty aika(h)	toteuma vs suunniteltu
2.10.2017	119439-50	HA	14,9166699	9,5833301	24,5	256 %
27.2.2018	120622-50	HA	11,0000034	9,83333	21	214 %
21.3.2018	120901-80	HA	-3,1	10,5	9	86 %
12.6.2017	118717-80	HA	-5,15	10,15	5	49 %
6.10.2017	119433-80	HA	-6,3	10,5	6	57 %
17.11.2017	119912-80	HA	-6,6	10,5	4,5	43 %
15.8.2017	119262-85	HA	6,8	12	19	158 %
13.6.2017	119260-85	HA	-1,75	5,75	4	70 %
6.10.2017	119762-85	HA	-2,2	12	11	92 %
26.4.2017	118674-85	HA	-3	12	9,2	77 %
12.12.2017	120334-85	HA	-3,15	12	9,5	79 %
10.7.2017	119362-40	HA	9,7448	8,0048	18,25	228 %
13.1.2018	120558-40	HA	6,995	8,0465	15,25	190 %
5.3.2018	120887-40	HA	5,2033	8,0465	13,5	168 %
22.11.2017	119916-40	HA	4,4948	8,255	13	157 %
25.9.2017	119683-40	HA	3,2863	8,255	12	145 %
29.1.2018	120681-40	HA	3,245	8,0465	11,5	143 %
20.5.2017	118711-50	HA	5,55	3	8,5	283 %
1.11.2017	120151-50	HA	4,85	3,5	8,5	243 %
24.10.2017	119827-30	HA	41,16671	12,83329	54	421 %
31.1.2018	120508-30	HA	39,200232	7,416645	47	634 %
18.9.2017	119820-30	HA	17,83335	6,0916503	24	394 %

KUVIO 12. Esimerkki Excel: iin tuodusta ja lajitellusta datasta

Päättäneitä työvaiheita kertyi jokaiselle kuormitusyksikölle tuhansia. Näin suuren datan manuaalinen läpikäynti ja analysointi on työlästä, joten päätettiin karsia dataa tietyistä tekijöistä johtuen. Rajaus aloitettiin rajaamalla pois niiden nimikkeiden työvaiheet, joiden toteuman ja laskennallisen kokonaisajan ero oli tarpeeksi pieni. Näissä karsituissa työvaiheissa määräkorjattu ajan ylitys sekä toteuman osuus suunnitellusta ajasta prosentuaalisesti olivat tarpeeksi pienet (kuvio 12). Tämänkin karsinnan jälkeen nimikkeitä jäi jokaiselle kuormitusyksikölle vielä huomattava määrä. Seuraava kriteeri karsintaa varten oli poikkeavien nimikkeiden eri tuotantotilauksien toteumien säännönmukaisuus. Säännönmukaisuus oli hyvä karsiva tekijä, koska näin ollen saatiin seulottua lähempää tarkastelua varten ne nimikkeet joissa todennäköisesti laskennalliset arvot ovat virheeliset. Säännönmukaisuus on merkki siitä, että prosessi on vakiintunut ja sujuu ilman ongelmia. Säännönmukaisuus auttaa myös seulomaan ne työt jotka esiintyvät tuotannossa usein ja näin saatiin poistettua kertaluontoiset työt tarkastelusta.

Seulonnan jälkeen aloitettiin keräämään valituista työvaiheista toteuma-arvoja. Tuotannon työntekijät kirjaavat tuotannonohjausjärjestelmään vähintään kerran vuorossa työvaiheeseen käyttämänsä ajan sekä vaiheen yksikkö- ja asetusajan. Nämä toteuma arvot eivät olleen valmiiksi kirjattuna PowerBI:n datassa, joten ne jouduttiin selvittämään ERP:n tiedoista.

## 5.1 Toteumadatan hakeminen Powered:istä

Toteuman ja laskennallisten arvojen vertailua varten tarvitsi hakea toteuma-ajat tuotannonohjausjärjestelmän datasta. Datan hakemiseen tarvittavat tiedot eli tuotantotilauksen numero ja nimiketunnus löytyivät PowerBI:n datasta (kuvio 12). ERP:stä hakeminen aloitettiin nimiketunnuksen avulla.

Vnro	Työvaihe	Aloituspvm	Lopetusvpm	Aikayksikkö	Kok.määrä	Valm.määrä	Pö	Työjono	Jnro	Järjestely	Siirtoaika	Lim.%
20	SO	05/07/17	05/07/17	Vrk	100,	101,×	175-MULT62	10			3,	0
30	HA	11/07/17	12/07/17	Vrk	100,	99,×	519-PFAUTE	10			3,	0
32	JÄ	02/08/17	22/08/17	H	100,	99,×	133-GRATDI	20			48,	0
35	PI	24/08/17	25/08/17	H	100,	99,×	115-PFAUTE	10	huom!	UUDET 5mm t	72,	0
50	HKA	28/08/17	28/08/17	Vrk	100,	99,×		0			7,	0
55	LAM	04/09/17	04/09/17	Vrk	100,	100,×	187-EVOTE	10			1,	0
60	HR	05/09/17	05/09/17	Vrk	100,	98,×	157-EMAG	20			3,	0
70	HH	08/09/17	08/09/17	Vrk	100,	98,×	180-RZ260	10			3,	0

Valm. määrä	Hyl. määrä	Aloituspvm	Alkuuika	Lopetusvpm	Käyttäjä	La	Selite	Sukunimi
48,	0,	02/09/17	11:32	02/09/17	voim;745			Kempainen
50,	1,	03/09/17	21:40	03/09/17	VOIM;719			Ponkala

KUVIO 13. ERP:N aloitus näkymä

Etsimisen aluksi avattiin Poweredin hienokuormitusnäkymä, ja sen jälkeen alivalikosta nimikkeen tilanne ja tuotantotilaus. Nimikkeen tilanne- sivulta voidaan hakea valmistuneita tuotantotilauksia rajaamalla etsittävän nimikkeen valmistuneet tuotantotilaukset.

Tyyppi	Tapahtuma	Toim.yks	Versio	Määrä	Avoin määrä	Tapah.pvm
Avoimet tuot.tilaukset	121291	1		150,	150,	17/05/18
Valm. tuot.tilaukset	118560	1		72,	0,	08/05/17
Valm. tuot.tilaukset	119374	1		98,	0,	11/09/17
Valm. tuot.tilaukset	120156	1		106,	0,	21/12/17
Yhteensä: Valm. tuot.tilaukset				426,	150,	26/04/19

KUVIO 14. Tuotantotilauksien haku nimikkeen avulla

Rajaukset haettaville tuotantotilauksille löytyy kuviossa 14, nuolen 1. osoittamista paikoista ja hakukenttänä toimii nimiketunnuksen kenttä. Kun haku on suoritettu aukeaa

näkymään lista hakukriteerit täyttävistä tuotantotilauksista. Halutun tuotantotilauksen numeron kautta saadaan avuttua tarkemmat tiedot tilauksesta. Ennen tuotantotilauksen toteuma-arvojen etsimistä, tulee selvittää nimikkeelle työvaihekohtaiset ajat. Kyseiset ajat löytyvät rakenne välilehdeltä.

The screenshot shows the 'HIENOKUORMITUS' software interface. The main window displays a table of production order items with columns for item code, description, frequency, and various numerical values. A sidebar on the left contains a navigation menu with options like 'Suosit', '07. Tarvelaskenta', '12. Projektin hallinta', '15. Raportointi', 'BODYCOTE', 'HIENOKUORMITUS', 'LAATU', 'LAHETYS', 'MYynti', 'OSTO', 'RAPORTOINTI', 'TUOTANTO', and 'TYONJOHTO'. Below the main table, there is a 'Vaihe' (Stage) section with a 'Kuormitusryhmät' (Loading groups) list and a detailed configuration panel for a specific loading group (10157). This panel includes fields for 'Kuorm.ryhmän nro', 'Kuormitusryhmä', 'Kuorm.pisteiden lkm', 'Asetusaika', 'Yksikköaika', 'Nopeus', 'Kpl/tahti', and checkboxes for 'Määrän raportointi' and 'Ajan raportointi'.

KUVIO 15. Rakenne- näkymä

Rakenteen kautta päästään näkemään jokaiselle työvaiheelle laskennalliset yksikköajat ja asetusajat. Yksikköaika perustuu työstöparametrien avulla laskettuihin optimi työstö-aikoihin ja asetusajat tulevat konekohtaisesta. Kyseiset laskennalliset ajat kirjattiin kuvion 12. mukaiseen taulukkoon, jotta niitä voitaisiin helposti verrata toteumaan kirjattuihin aikoihin.

The screenshot shows a comparison table of planned vs. actual production times. The table has columns for 'Vnro Työvaihe', 'Aloituspvm', 'Lopetuspvm', 'Aikayksikkö', 'Kok.määrä', 'Valm.määrä', 'Pä', 'Työjono', and 'Jnro Järjestely'. The data rows show various work stages with their respective dates, quantities, and sequence numbers. Below the table, there is a 'Vaihe' section with a 'Tapaht.' (Incident) list and a detailed configuration panel for a specific incident (10157). This panel includes fields for 'Valm. määrä', 'Hyl. määrä', 'Aloituspvm', 'Aikuaika', 'Lopetuspvm', 'Käyttäjä', 'La', and 'Selite'.

Vnro Työvaihe	Aloituspvm	Lopetuspvm	Aikayksikkö	Kok.määrä	Valm.määrä	Pä	Työjono	Jnro Järjestely
20 SD	05/07/17	05/07/17	Vrk	100	101, X		175-MULT62	10
30 HA	11/07/17	12/07/17	Vrk	100	99, X		519-PFAUTE	10
32 JÄ	02/08/17	22/08/17	H	100	99, X		133-GRATOI	20
35 PI	24/08/17	25/08/17	H	100	99, X		115-PFAUTE	10 huom! UUDET!
50 HKA	28/08/17	28/08/17	Vrk	100	99, X			0
55 LAM	04/09/17	04/09/17	Vrk	100	100, X		187-EVOTE	10
60 HR	05/09/17	05/09/17	Vrk	100	98, X		157-EMAG	20
70 HH	08/09/17	08/09/17	Vrk	100	98, X		180-RZ260	10

KUVIO 16. Tuotantotilauksen toteumat vaihekohtaisesti

Toteumien selvittämiseksi avataan haluttu tuotantotilaus ja valitaan haluttu työvaihe. Kuvion 16 tapauksessa valittuna on reikähionta. Valitun vaiheen toteuma-kirjaukset

aukeavat nimikkeen vaiheketjun alle. Tarkempien tietojen saaminen vaatii toteumakirjausten aukaisemista.

Kirjaaja: Juha Uljas (Manpower)

**Mitä valmistui ja mihin**

Valmistunut määrä: 0 kpl Laatu luokka:

Hylätty määrä: 0

Oletushyllypaikat:

**Käytetty aika**

Aloituspvm: 02/09/17 Aloitus aika: 11:32:47

Lopetuspvm: 02/09/17 Lopetus aika: 11:32:47

Käytetty aika: 0,00 Laske Aikayksikkö: H

Sis. asetusaika: 0,00

Kappaleaika: 0,00 Min 1,50

Asetusaika: 0,00 H 1,00

**Yleistiedot**

Päätetty

Selite:

**Kuorm.ryhmä ja -piste, jolla työ tehtiin**

Kuormitusryhmä: HI11 Emag kovasorvausreikähionta

Kuormituspiste: Emag VSC400

**Vaiheen kirjaukset**

Kyhmä	KPiste	Valm.	h Hlö	Hyl.	Alkoi	Loppui
HI11	Emag VSC40	48,	3, voim:745	0,	02/09/17 11:32	02/09/17 11:3
HI11	Emag VSC40	50,	1,88 VOIM:719	1,	03/09/17 21:40	03/09/17 23:3

Valmistunut yht: 98, Käyt.aika yht: 4,88 Hylätty yht: 1,

KUVIO 17. Toteumakirjaus- näkymä

Kirjauksen avaamisen myötä saadaan näkyviin tarkempi kuvaus toteumista. Kuviossa 17 ympyröidyssä osiossa näkyy tuotannon työntekijöiden vaiheelle merkkäama yksikköaika ja asetusaika. Näkymästä selviää myös kirjauksen tehneen henkilön numero ja kuormituspiste eli käytetty kone sekä valmistuneet kappaleet ja hylätyt kappaleet. Toteuman yksikkö- ja asetusaikojen kirjaukset lisättiin kuvion 14 taulukkoon. Näin saatiin listattua vertailua varten tarvittavat tiedot samaan taulukkoon työn jatkon helpottamiseksi. Mikäli kaikki saman nimikkeen tietyn työvaiheen toteumaan kirjatut ajat olivat säännönmukaisia voitiin päätellä, että kyseisen työvaiheen laskennallisissa arvoissa on jotakin virheellistä tai prosessi ei toimi oikein. Tarkastelun ja seulonnan kohteina olivat vain kaikkein räikeimmin laskennallisista ajoista poikkeavat nimikkeet. Useissa näissä tapauksissa jotkin nimikkeet toistui lähes kaikissa työvaiheissa. Nämä nimikkeet ovat pääsääntöisesti uusia töitä, jolloin prosessin optimointi on vielä kesken ja siksi toteumat poikkeavat laskennallisista ajoista.

## 6 POHDINTA

Osana isompaa projektia toteutettu opinnäytetyö on ollut hyvä ja opettavainen tapa osallistua työmaailman projektiin. Vaikka aihe oli kokonaisuudessa hyvin laaja, saatiin se rajattua fiksusti opinnäytetyön vaatimiin rajoihin. Määrittely toteutettiin osana isompaa ryhmää ja määrittelyn aikana tehdyt päätökset ja ratkaisut ovat yhteistyön tuloksia SW-Development Oy kanssa. Projektiryhmän ammattilaiset olivat hyvin työn tukena ja ymmärtäväisiä opinnäytetyön tekijää kohtaan. Määrittelyn laajuus oli niin suuri, ettei sen teknistä puolta ja syvempää sisältöä päätetty ottaa mukaan opinnäytetyöhön. Työssä käsitellyt Tasowheel Group:in tuotannon vaatimat erityistapaukset ja ensimmäisen käyttöönoton yhteydessä asennettavat työkalut kattoivat opinnäytetyön sisällön. Erityistapaukset ovat käyty lävitse aikaisemmin tässä opinnäytetyössä. Useat niistä päätettiin jättää vielä ensimmäisestä integraatiosta pois, erinäisistä syistä, jotka ovat työssä aikaisemmin mainittu.

PES-ohjelmaan liittyy paljon mahdollisuuksia yrityksen tulevaisuudessa, ja niitä pohditaan seuraavassa kappaleessa. Käynnissä olevan projektin toteutuessa saataisiin aluksi työkalu vain tuotannon hienokuormituksen suunnitteluun. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin määrittelyn saattaminen niin pitkälle, että SW-Development Oy pystyy tekemään lopullisen tarjouksen ohjelmiston hankintaan liittyen. Tähän tavoitteeseen päästiin aikataulussa, ja Tasowheel-konserni on saanut tarjouksen projektiin liittyen. Mikäli tarjous hyväksytään ja integraatio aloitetaan, voidaan ohjelmiston vaikutusta yrityksen toimintaan käsitellä vasta myöhemmin. Ohjelmiston vaikutuksille asetettiin selkeät tavoitteet KET:in, läpimenoaikojen, tuotannon tehokkuuden ja toimitusvarmuuden osalta. Tavoitteet on tarkemmin mainittu liitteessä 2.

Ohjelman käyttöönotto ei vielä itsessään ratkaise mitään ongelmia. Käyttöönoton vaikutukset tulevat ratkeamaan vasta tulevaisuudessa. Useasti muuttuva ja monivaiheinen tuotanto vaatii aikataulutukselta niin paljon, että on mahdotonta ylläpitää realistista ja melkein reaaliaikaista suunnitelmaa ihmisen tekemänä. PES-ohjelman avulla saadaan tietokoneen laskentakapasiteetti otettua käyttöön kuormituksen suunnitteluun, tällöin voidaan suunnitella uusia aina tarvittaessa, vähintään vuorokauden välein. Tietokoneen tekemien suunnitelmien realismi riippuu kuitenkin pitkälti laskennassa käytettävien lähtöarvojen laadusta. Projektin aikana resurssit eivät riittäneet kaikkien lähtöarvojen tarkastamiseen, vain kaikkein isoimpien poikkeamien etsimiseen ja korjaamiseen.

Edellä kappaleessa 5 on esitelty tapa toteumadatan keräämiseen ja sen lajitteluun. Toteumadatan tarkastelun yhteydessä havaittiin, ettei yrityksessä ole yhtä selkeää tapaa merkitä toteumaa. Kokonaisajaksi osa merkitsee työaikansa, vaikka tarkoituksena on merkitä koneen kokonaistyöstöaika työvuoron aikana. Lisäksi yksikköaikojen ja asetus-aikojen tarkkuus vaihtelee suuresti työntekijästä riippuen.

Kirjauksien luotettavuuden parantamiseksi päätettiin ottaa käsittelyyn työntekijöiden tavat kirjata toteumia Powered: iin ja tarvittaessa uudelleen koulutetaan työntekijöitä. Kyseinen tehtävä annettiin työnjohdolle, jotka keskustelivat asiasta työntekijöiden kanssa. Toteumien poikkeamista löydettiin myös lukuisia kehityskohteita työnsuunnitteluun. Esimerkiksi laskennallisia arvoja ei voida käyttää huonojen kiinnittimien takia. Tällaisissa tilanteissa työvälinsuunnittelun tehtäväksi jäi parempien kiinnittimien hankinta, jotta prosessi saadaan tehokkaammaksi. Toinen korjaustoimenpide oli työn siirtäminen kokonaan toiselle koneelle. Esimerkiksi eräs suuren sarjakoon omaava nimike siirrettiin manuaalisesti panostettavalta koneelta automaattivaihtajan sisältävälle vierintäjyrsinkoneelle, jolloin kappaleen vaihtoon ei kulu ylimäärästä aikaa ja prosessista saadaan nopeampi.

Epätasaisista lähtötiedoista huolimatta voitiin joitakin korjauksia työstöaikoihin tehdä. Ennen muutosten tekemistä käsittelyssä olevista prosesseista keskusteltiin työntekijöiden kanssa, jotta saatiin myös heidän näkemyksensä siihen, miksei laskennallisia aikoja ole saavutettu. Pääsyyiksi nousi työnsuunnitteluun liittyvät tekijät esimerkiksi huonot kiinnittimet ja terät jotka eivät ole soveltuvimpia kyseiseen prosessiin. Suuri osa työntekijöistä myös tiedosti toteumien kirjaamiseen liittyvät tekijät. Korjaukset tehtiin näihin nimikkeisiin toteuman perusteella. Muutoksia vaatineissa työvaiheissa laskennallisen arvon virheellisyyden aiheuttajaksi osoittautui usein näppäily virhe tai laskentakaavojen työstöparametrien virheellisyys.

Jatkossa mahdollisesti yllämainittujen toimenpiteiden ansiosta saadaan yhdenmukaista ja todellisuutta paremmin vastaavaa dataa toteutuneista arvoista. Uudistus tulee olemaan haastavaa, koska vanhojen pinttyneiden toimintatapojen muuttaminen on aina hankalaa. Tuotannon työntekijät on saatava näkemään suurempi kuva yrityksen toiminnasta ja realististen kirjauksien merkitys myös heidän päivittäiseen tekemiseen selkeämpien työjonojen ja todenmukaisen aikataulutuksen myötä. Kun saadaan korjattua laskennalliset

arvot todellisuutta vastaaviksi, voidaan tuotanto aikatauluttaa entistä paremmin. Tällöin työntekijöiltä poistuu kiiretyöt, jolloin työnteko on mielekkäämpää.

Haastavinta tulee olemaan manuaalista kappaleenvaihtoa vaativien koneiden yksikköajat. Kyseiset koneet ovat usein osana monikonekäyttöä, jolloin koneelle käytössä olevat henkilöresurssit vaihtelevat suuresti, vaikka henkilöresurssit olisivat laskennallisesti samat vuorosta toiseen. Lisäksi aina kun kyseessä on ihmisen työnopeuden arviointi, sisältävät saadut tulokset aina epävarmuustekijöitä. Ihmisten taidoista johtuvat nopeuserot ovat yksi tekijä toteuma aikojen vaihtelussa. Eroja kirjauksissa saatetaan saada samalla työntekijällä eri töiden ja päivien välillä. Työntekijän vireystaso ja motivaatio saattavat vaihdella päivittäin ja vaikuttaa työnteon nopeuteen. Tästä johtuen lähimmäksi todellisuutta pitkällä aikavälillä päästään toteumien keskiarvolla. Manuaalikoneiden haasteellisuuden aiheuttaa pitkälti väärä toteumien kirjaus. Toteumaa pitäisi kirjata manuaalisessa koneessa koneen työstöajan mukaan, eikä siihen tulisi huomioida koneen seisontaa sinä aikana, kun se odottaa kappaleenvaihtoa.

## 7 JATKOKEHITYS

Ohjelmistoon liittyvät jatkokehityskohteet ovat pitkälti riippuvaisia ensimmäisen integraation onnistumisesta. Joitakin kehityskohteita on mainittu jo edellä määrittelyn erityistapauksia käsittelevissä kappaleissa. Jo mainituista kehityskohteista erityisesti työntekijöiden vuorokalenterin ja sen suunnittelutyökalu PES-ohjelmistoon auttaisi resurssien määrittämistä, ja muokkaamista esimerkiksi sairastapauksissa. Toinen tärkeä edellä mainituista kehityskohteista on monikonekäyttöön soveltuva resurssien jakaminen. SWD Oy aloittaa kehittämään kyseiseen ongelmaan ratkaisua ja se otetaan integraation toteutuessa, käyttöön Tasowheel Gears Oy:ssä, mikäli siihen saadaan kehitettyä toimiva ja luotettava ratkaisu. Kyseinen lisäosa ohjelmistoon olisi todella oleellinen. Suuri osa yrityksen koneista on osana monikonekäyttöä. Henkilöresurssien mahdollisimman todenmukainen jakautuminen näille koneille on kuormitussuunnitelman kannalta elintärkeä. Tuotantoa ei pystytä kuormittamaan rajoitettuun kapasiteettiin yhtään todenmukaisemmin kuin kapasiteetin määrittely sen sallii.

Jatkossa voitaisiin ottaa ohjelmisto käyttöön myös tuotannon puolelle. Tuotannon kirjaukset näkyisivät reaaliaikaisesti tuotantosuunnitelman gantt- näkymässä. Tuotannon seuraaminen ja poikkeamiin reagoiminen olisi tällöin kaikkein tehokkainta. Nykyisellä toimintatavalla työt saavat ensimmäisen kirjauksen, kun työntekijä kuittaa vaiheeseen käyttämänsä työajan vuoronsa lopussa. Tällä menetelmällä töitä ei kuitata aloitetuiksi erikseen. Joissain töissä työ saatetaan kuitata kuormitetusta suoraan päättyneeksi. Kuitausten satunnaisuus vaikuttaa tuotannon seuraamiseen ja hallintaan.

Ohjelmiston käyttöä voitaisiin laajentaa myös myyntiorganisaatiolle. Näin saataisiin uusi työkalu S&OP työkaluksi. Myynti voisi tarkkailla käytössä olevaa kapasiteettiä ja tehdä myyntiin liittyviä päätöksiä todelliseen dataan perustuen. Tämä vähentäisi tarvetta ”valistuneille arvauksille” ja ”kristallipallon tuijottamiselle”. Ohjelmisto antaa paljon mahdollisuuksia laajentaa itse ohjelmiston käyttö ja sen sisältämiä työkaluja, mutta myös auttaa löytämään tuotannon kipupisteitä ja kehityskohteita. Ohjelmisto on osa yrityksen tulevaisuutta, mutta kuinka laajaksi ohjelman käyttöä kasvatetaan ja kuinka pitkälle yritys on valmis sitä kehittämään, se selviää vasta vuosien päästä. Jatkoinvestoinnit ohjelman tiimoilta johtuvat pitkälti ohjelmiston ensimmäisen integraation käyttökokemuksista.

Toteumadatan käsittelyn avulla päästiin hyvin käsiksi tuotannon haasteisiin ja ongelmiin. Jo suurimpien toteumien ja laskennallisten eroavaisuuksien avulla saatiin sysättyä liikkeelle monta tuotannon kehittämiseen liittyvää toimenpidettä. Syvällisemmän ja laajemman tarkastelun avulla tuotantoa olisi varmasti mahdollista kehittää lisää, esimerkiksi parantamalla kiinnittimiä ja työkaluja.

Toteumadatan kirjaamista voitaisiin myös kehittää lisäämällä kirjauskenttään koneajalla erillinen kenttä. Koneajan Powered voisi automaattisesti laskea valmistuneiden kappaleiden määrän ja kirjatun yksikköajan avulla. Tällöin työntekijöille ei koituisi asiasta lisätyötä ja kokonaisajasta saataisiin helposti erotettua konetunnit. Tämän muutoksen avulla saataisiin etenkin manuaalipanosteisista prosesseista luotettavampaa dataa prosessin toimivuuden kannalta. Lisäkentän toimivuus toki edellyttää oikeiden yksikköaikojen kirjaamista. Prosessien todelliset yksikköajat useimmilla koneilla on helposti työntekijöiden saatavilla työstökoneiden ohjausyksiköiden kautta. Haasteeksi yllämainitussa kirjaustavassa nousee tapaukset, joissa kappaleita ei valmistu, mutta konetunteja kertyy silti. Esimerkiksi sama työvaihe sisältää kaksi erillistä hammastusta, jolloin ensimmäisen hammastuksen jälkeen työvaiheesta ei ole valmistunut yhtään kappaletta, mutta konetunteja on siitä huolimatta kertynyt.

## LÄHTEET

Anders Innovations. 2014. Teollinen internet ja digitalisoituminen edellyttävät kokonaisvaltaista otetta. Julkaistu 12.6.2014. Luettu 26.4.2018.  
[https://www.andersinnovations.com/fi/blogi/teollinen-internet-ja-digitalisoituminen-](https://www.andersinnovations.com/fi/blogi/teollinen-internet-ja-digitalisoituminen-edellyttavat-kokonaisvaltaista-otetta/)

[edellyttavat-kokonaisvaltaista-otetta/](https://www.andersinnovations.com/fi/blogi/teollinen-internet-ja-digitalisoituminen-edellyttavat-kokonaisvaltaista-otetta/)

Haverila, M., Kouri, I., Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Tammer-Paino Oy

Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti, SWD<sup>PES</sup> määrittely, sähköpostiviesti, kimmo.kanninen@swd.fi, 6.4.2018

Mäkinen M. Tuotantopäällikkö, Tasowheel Gears Oy, Opinnäytetyö, sähköpostiviesti, mikael.makinen@tasowheel.fi, 10.3.2018

Peltonen, A. Opetushallitus, 1998, Tuottava tehdas. Luettu 20.3.2018.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html#3>

Ptak, C. & Schragenheim, E. 2004. ERP Tools, Techniques and Applications for Integrating the Supply Chain. Boca Raton: Taylor & Francis Group

SW-Development Oy. 2017. SWD<sup>PES</sup> specification PES 7.2. 26.4.2018. Tampere.

Tasowheel. yritys. Luettu 16.4.2018  
<http://www.tasowheel.fi/fi/yritys/>

## LIITTEET

Liite 1. Järjestelmäkartta (Kanninen K. Ratkaisuarkkitehti, SWD<sup>PES</sup> määrittely, sähköpostiviesti, kimmo.kanninen@swd.fi, 6.4.2018)

Järjestelmien vastuut					
	Myynti ja hankinta	Tuote-hallinta	SKOP	Tuotannon-suunnittelu	Tuotannon käyttöliittymät
Powered	Tarjoukset Osto- ja myyntitilaukset Liitynnät asiakkaiden järjestelmän (mm EDI)	Rakenteet		Tuotantotilauksen perustaminen Materiaaliputtelien havainnointi (nykytila) Powered –projektinhallinta Tuotannon toteuttamisto	Tuotannon työjonoit Varastoit Vastanotto Lähtevysoiennot Poikkeamat Jäljitettävyys Työntuntien kirjaus Kulunvalvonta
PES				Alantasaainen tuotantosunnitelma Tuotannon ajoittaminen Toimitusajalupaukset Kapasiteetin hallinta Kuormituksen suunnittelu Työvuorosunnittelu (jatkokentys) Materiaaliputtelien visualisointi (jatkok.)	
SolidWorks / Aion		Tuotesuunnittelu Rakenteet, osaluettelot Tuotedokumentaatio			
Excel / Access			Ennusteiden luonti	Vuorokalenteri (nykytila) Projektinhallinta (Systems)	
Muu järjestelmä					Laatumittaukset (SPC / PHI-Web) Kulunvalvonta
M-Files		Konvergislerit, työkalurekisterit		Projektinhallinta (Gears ja Systems)	Poikkeamat jäljitettävyys, (materiaalitilastukset) etc..
PowerBI	"Manuaalinen tarvelaskenta"		Ennusteiden ja tarpeiden visualisointi	Vapaat saadot ja eräkökojen määräitys, "manuaalinen tarvelaskenta"	
					Reportointi

Sonet & Navita:  
Talous  
Palkanlaskenta

Dokumenttien ja rekisterien hallinta

## Tavoitteita

- Tavoitetasot Q1/2019, Q2/2019, toteutuneet vertailuluvut 2017 koko vuosi
- Ulkoinen toimitusvarmuus ( )
- Läpimeno tilauksesta toimitukseen, ( )
- Ensimmäisestä toteumatiedosta työn päättämiseen / työn avaamisesta työn päättämiseen ( )
- Kapasiteetin käyttöaste
- Valmistuneet lopputuotteet per tuotannon henkilötyötunnit & konetunnit:
- Henkilötyötuntien ja konetuntien suhdeluku
- Suhteessa liikevaihtoon: ( )

## Liite 3. PowerBI:n data: ”Päättyneet työvaiheet”

Päivitetty 25.4.2018 4:39:41

Gears

Työn lisätieto (Tyhjä)

Vaiheen viimeinen tap. pvm Viimeinen 12 Kuukaudet (kalenteri)

Kuuritusyksikkö Kuuritusryhmä Nimike

Työno-vaihtero Työno-vaihtero

On raportoitu vaihe  Ei  Kyllä

On myyritilaus  Ei  Kyllä

Päätetyt työvaiheet

Pvm	Työno-vaihtero	Vaihe	Määräkorj. ajan ylijys(s/h)	Suunn. aika(h)	Käytetty aika(h)	Asetusika	Järjennöaika(hv)	Jalostavaa aikaa	Suunn. kpl	Valm. kpl	Valmistamatta	Hyvä
5.1.2018	120324-40		43,98	35,05	85,00	3,00	20,86	16,98%	641,00	782,00	0,00	
3.11.2017	119773-40		41,30	41,20	83,70	3,00	7,03	49,64%	764,00	788,00	0,00	
21.2.2018	118162-50		41,16	10,75	51,00	2,00	126,50	1,68%	125,00	112,00	13,00	
30.5.2017	117270-50		37,85	13,66	54,50	2,00	90,66	2,50%	35,00	44,00	0,00	
19.1.2018	120583-40		37,29	20,80	58,00	3,00	3,55	68,00%	178,00	178,00	0,00	
17.10.2017	117395-50		36,11	10,82	47,00	2,00	235,46	0,83%	126,00	127,00	0,00	
25.1.2018	120324-50		32,62	44,73	79,75	2,00	6,71	49,49%	641,00	677,00	0,00	
21.12.2017	120156-35		31,40	7,00	39,50	2,00	6,10	26,97%	100,00	122,00	0,00	
8.3.2018	120325-40		30,55	28,00	59,00	3,00	28,86	8,52%	500,00	509,00	0,00	
23.8.2017	119374-35		29,55	7,00	36,50	2,00	2,35	64,68%	100,00	99,00	1,00	
29.8.2017	119366-50		27,00	8,00	35,00	2,00	4,72	30,90%	20,00	20,00	0,00	
14.11.2017	119773-50		25,03	52,93	78,10	2,00	26,47	12,29%	764,00	766,00	0,00	
23.10.2017	119785-30		22,80	6,40	29,00	2,00	3,98	30,33%	22,00	21,00	1,00	
12.9.2017	119372-35		22,00	7,00	29,00	2,00	4,46	27,09%	100,00	100,00	0,00	
23.10.2017	120077-30		19,58	5,42	25,00	2,00	11,95	8,72%	57,00	57,00	0,00	
26.2.2018	120872-40		19,10	16,50	35,50	3,00	10,03	14,75%	135,00	134,00	1,00	
15.1.2018	118870-40		19,00	4,50	23,50	2,00	6,96	14,07%	50,00	50,00	0,00	
8.6.2017	117553-40		18,66	3,85	22,50	2,00	6,06	15,46%	37,00	37,00	0,00	
10.10.2017	120109-10		18,30	12,00	30,00	2,00	11,99	10,43%	100,00	97,00	3,00	
3.8.2017	119100-35		18,17	12,63	31,10	3,00	3,03	42,76%	125,00	129,00	0,00	
31.7.2017	118894-50		18,10	4,10	25,50	2,00	18,97	5,60%	14,00	36,00	0,00	
4.7.2017	119030-20		18,00	4,00	22,00	2,00	4,90	18,72%	20,00	20,00	0,00	
29.1.2018	120052-40		17,05	23,50	40,00	3,00	3,32	50,24%	410,00	399,00	11,00	
26.8.2017	119812-10		16,40	8,60	25,00	2,00	10,05	10,37%	99,00	99,00	0,00	
13.1.2018	119467-83		16,34	12,16	28,50	2,00	15,172	0,78%	127,00	127,00	0,00	
13.3.2018	120939-40		16,00	13,67	31,00	2,00	4,23	30,54%	70,00	78,00	0,00	
22.1.2018	120524-10		15,90	5,10	21,00	2,00	11,90	7,35%	62,00	62,00	0,00	

Työvaihe päätetty jäljessä suunnittelusta

Jäljessä 69,87%

Työvaihe päätetty ajallaan suunnittelusta

Ajallaan 30,91%