



# **TUOTANNONSUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN**

Maiju Lahti

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2011  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät/  
Tuotantotalous  
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernien tuotantojärjestelmien ja Tuotantotalouden suuntautumisvaihtoehdot

LAHTI, MAIJU: Tuotannosuunnittelun kehittäminen

Opinnäytetyö 55 s., liitteet 2 s.  
Helmikuu 2011

---

Opinnäytetyö käsitteli tuotannon suunnittelun kehittämistä Koja Oy:n puhallintuotannossa, ja sen tavoitteena oli kehittää malli, jolla tuotannosuunnitteluprosessi tehostuisi ja tuote saataisiin tuotannonohjauksessa tehokkaammin ja taloudellisemmin valmistukseen. Työssä käsiteltiin puhaltimien valmistusta tilauksen saapumisesta tuotannonohjaukseen, kunnes puhaltimien levyosat siirtyivät laserille leikattaviksi. Esimerkkinä käytettiin kolmea Koja Oy:ssä valmistettua Ecofan-sarjan prosessipuhallinta.

Opinnäytetyö aloitettiin puhallinten rakenteiden tutkimisella ja pohtimalla niihin liittyviä kehitystarpeita. Tämän jälkeen toiminnanohjausjärjestelmään luotiin puhallimille uudet tuoterakenteet, joiden avulla tutkittiin työjono-ohjausta tuotannonohjausprosessin tehostamiseksi ja suunnittelun kuormituksen vähentämiseksi. Samalla pohdittiin koko prosessin toimivuutta tuotannonohjauksen kannalta ja tuotetiedon hallintaa.

Todettiin, että kaikki muutokset tulee aloittaa tuotetiedon hallinnalla ja erityisesti nimikkeiden muutoksilla ja niiden yhtenäistämällä eri järjestelmien välillä. Suunnittelun paikkaa prosessissa muutettiin työjono-ohjauksen mahdollistamiseksi.

Vakioitujen rakenteiden ja työjono-ohjauksen ansiosta suunnittelun kuormitus vähenee ja saadaan lisää aikaa yleiseen tuotekehitykseen. Asetusaikoja saadaan pienennettyä ja toiminnasta tulee selkeämpää. Tuotannon virtausnopeus paranee, virheiden määrä laskee, tuotanto tehostuu ja toiminnasta tulee taloudellisempaa.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Options of Modern Production Systems and Industrial Engineering and Management

LAHTI, MAIJU: Development of Production Planning

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 2 pages  
February 2011

---

The purpose of the bachelor's thesis was to develop a method that would make production planning in Koja Ltd's fan production process more effective, so manufacturing could start as soon as possible. The bachelor's thesis examined the process from arrival of order to the laser cutting. The study was made by researching three Ecofan-process fans which were manufactured in Koja Ltd in 2010.

At first the structures of the fans were studied and considered if there was anything that needed developing. Afterwards new structures of the fans were transferred to the enterprise resource planning system and used for studying of the work queue control. At the same time the functioning of the entire production control process and product data management were under consideration.

The research showed that all the changes should be started by product data management and especially renaming the items and standardizing them between different systems. To make work queue control possible, the place of planning in the process was changed.

Standardized structures and work queue control take a load off the production planning and therefore more time is left for general product development. Configuration time will be reduced and the whole process will be clearer. The flow rate of production will increase and the amount of mistakes decreases, production will become more efficient and cost effective.

---

Key words: Production efficiency, enterprise resource planning, work queue, fan.

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	1
ABSTRACT .....	2
SISÄLLYS .....	3
1 JOHDANTO .....	4
1.1 Tavoitteet ja työn rajaus .....	4
1.2 Työn rakenne.....	4
2 KOJA OY .....	6
2.1 Historia.....	6
2.2 Liiketoiminta.....	6
2.3 Valmistettavat tuotteet .....	7
2.4 Ecofan-prosessipuhaltimet .....	9
3 TUOTANNONSUUNNITTELU .....	10
3.1 Toiminnanohjauksen teoria.....	10
3.2 Tuotekonfigurointi .....	11
3.3 Tuotannon karkea- ja hienokuormitus .....	12
3.4 ABC-analyysi.....	13
4 TUOTETIEDON HALLINTA.....	15
5 PUHALTIMIEN RAKENTEEN TARKASTELU .....	16
5.1. Nimikkeiden luokittelu.....	18
5.2 Havainnot nykyrakenteista.....	18
5.3 Rakenteiden vakiointi .....	19
6 LASERLEIKKAUS .....	22
6.1 Nykytilanne .....	22
6.2 Esimerkkitalanne .....	23
6.3 Kustannustarkastelu .....	27
6.3.1 L-40 .....	27
6.3.2 H-63 .....	28
6.3.3 L-100.....	31
6.4 Yhteenveto .....	32
7 TYÖJONOT .....	34
7.1 Työjonoraportit .....	34
7.2 Raporttien ulkoasu .....	35
7.3 Työjono-ohjauksen mahdollisuudet.....	37
7.4 Muutosten hallinta.....	37
8 BYORDER.....	39
8.1 Ohjelman käyttäminen .....	39
8.2 Ongelmat ja mahdollisuudet .....	41
9 TOIMINNANOHJAUS .....	44
9.1 Toiminnanohjaus Koja Oy:ssä .....	44
9.2 Toiminnanohjauksen kehittäminen .....	46
10 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI .....	49
11 TULEVAISUUDEN HAASTEET .....	52
LÄHTEET.....	54
LIITTEET .....	55

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tuotannosuunnittelun kehittäminen. On havaittu, että tilauksen saavuttua kuluu liian paljon aikaa työn käsittelyyn ennen kuin tilaus pääsee tuotantoon asti ja silloin valmistuksella saattaa olla jo kiire. Jos tilaukset saataisiin valmistukseen mahdollisimman nopeasti niiden saavuttua, tulisi valmistuksesta taloudellisempaa. Tällöin voitaisiin myös yhdistää eri tilausten valmistusvaiheita, eikä sorruttaisi kiireen aiheuttamiin inhimillisiin virheisiin. Erityisesti on mietittävä vakiorakenteisten puhallinten tuotannosuunnittelun kehittämistä, sillä silloin puhallinten ei välttämättä täytyisi ollenkaan mennä suunnittelun kautta, vaan ne voisivat tilauksen saavuttua siirtyä suoraan valmistukseen.

### 1.1 Tavoitteet ja työn rajaus

Työssä käsitellään kolmea Kojä Oy:ssä valmistettavaa Ecofan-sarjan prosessipuhallinta. Työn tavoitteena on kehittää malli, jolla tuotannosuunnitteluprosessi tehostuu ja tuote saadaan tuotannonohjauksessa tehokkaammin ja taloudellisemmin valmistukseen. Työssä käsitellään puhaltimien valmistusta myyntitilauksen saapumisesta tuotannonohjaukseen, aina siihen saakka kunnes puhaltimien levyosat siirtyvät laserille leikattaviksi.

### 1.2 Työn rakenne

Opinnäytetyö aloitetaan nykytilanteen arvioinnilla. Ennen kuin voidaan luoda malli puhaltimien levyosien tehokkaammalle tuotannonohjaukselle, on puhaltimien rakenne avattava ja selvitettävä minkälaisista levyosista se koostuu. Tutkitaan, ovatko puhaltimien nykyiset rakenteet optimaalisimmat kyseisten puhaltimien valmistamisen kannalta, vai voitaisiinko rakenteita muuttamalla saavuttaa taloudellisesti kannattavampia rakennemalleja ja tehostaa sen avulla tuotantoa.

Kun on selvitetty puhaltimien rakenteet ja pohdittu vaihtoehtoisia rakenteita, joilla valmistuksesta tulisi kannattavampaa, luodaan edullisimmista rakennemalleista puhallimille uudet tuoterakenteet toiminnanohjausjärjestelmään. Uusille rakenteille määritellään

erilaisia työjonoja ja kokeillaan tuotannonohjausta niiden avulla. Tutkitaan, voidaanko valmistus käynnistää suoraan tuotannonohjauksesta työjonojen avulla. Selvitetään, voidaanko vakiorakenteisten puhaltimien valmistus käynnistää niin, että tilatut puhaltimet ohittaisivat kokonaan suunnittelun ja siirtyisivät suoraan tuotantoon kun tilaukset on syötetty toiminnanohjausjärjestelmään.

Työssä sivutaan myös Byorder nimistä laserohjelmistoa, joka löytyy Koja Oy:stä. Tutustutaan ohjelmistoon ja sen toimintaan ja selvitetään, onko sitä mahdollista hyödyntää opinnäytetyötä vastaavissa tapauksissa. Selvitetään, onko ohjelmistoa mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa osana tuotantoa ja mitkä ovat sen edut ja haitat.

Lopuksi arvioidaan työjonojen käyttöä ja uusien rakenteiden toimivuutta käytännössä. Todetaan mitä tuloksia opinnäytetyössä on saatu selville, miten tuotannonohjausprosessia ja tilausten siirtymistä tuotantoon voidaan tehostaa tulevaisuutta varten ja mitä muutoksia on tehtävä taloudellisemman ja tehokkaamman tuotannon saavuttamiseksi tutkitulla osa-alueella.

## 2 KOJA OY

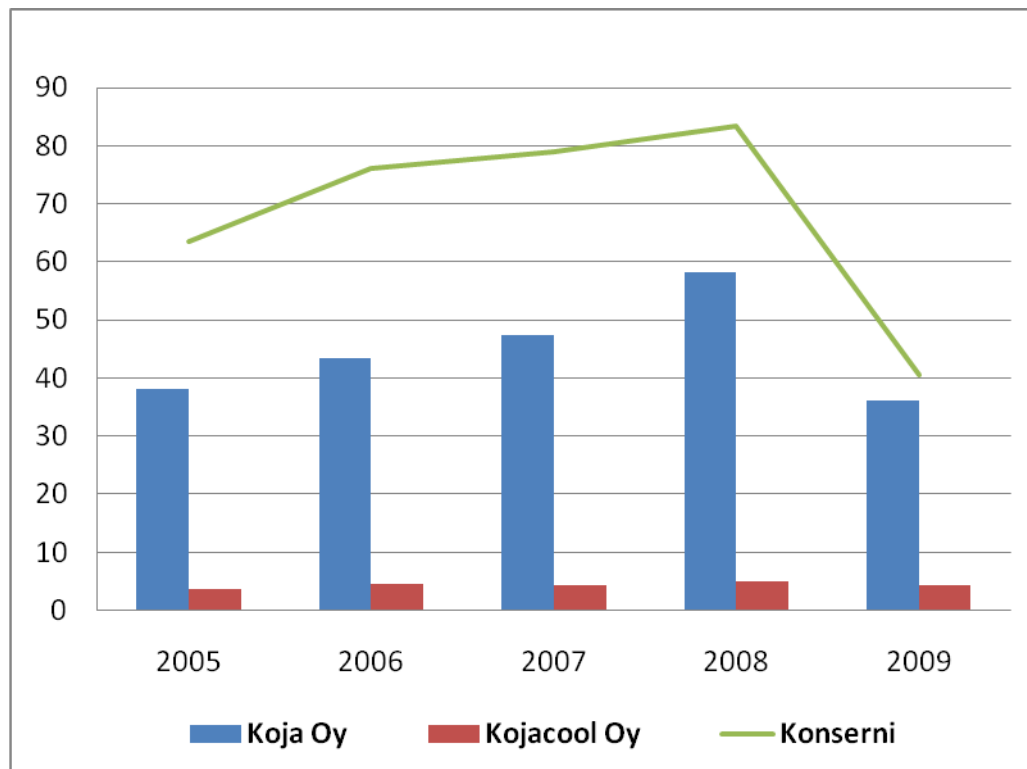
Koja Oy on osa Koja-Yhtiöt Oy:tä yhdessä Kojacool Oy:n kanssa. Koja Oy:ssä suunnitellaan ja valmistetaan rakennusten ilmakehäsäilykoneita, jotka soveltuvat sekä teollisuus- että julkisiin rakennuksiin, ja teollisuuden prosessipuhaltimia, joita käytetään mm. voimalaitoksissa ja paperiteollisuudessa. Koja Oy:öön kuuluu myös Koja Marine, jossa puolestaan suunnitellaan ja valmistetaan laivailmastointijärjestelmiä. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.)

### 2.1 Historia

Koja Oy perustettiin vuonna 1935. Aluksi tuotannossa oli heloja, ilmanvaihtoventtiilejä, ikkunarautoja, myymälä-kalusteiden metalliosia, sotavuosina häikäpönttöjä ja puukaasutinlaitteita armeijan autoihin. Vuonna 1945 valmistettiin ensimmäinen teollisuuspuhallin. Vuonna 1950 yritys keskittyi ilmanvaihdon tuotteiden valmistamiseen ja vuonna 1956 ilmastointiurakointi eriytettiin omaksi osastokseen. Kojacool Oy aloitti toimintansa vuonna 1991. Vuonna 1999 Koja Marinelle tuli ensimmäinen laivan ilmastointijärjestelmätilaus. Samana vuonna otettiin käyttöön myös Koja Oy:n Jalasjärven tuotantolaitos. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.)

### 2.2 Liiketoiminta

Koja Oy:llä on tehdas Tampereella ja Jalasjärvellä. Tampereen tehtaalla keskitytään teräksen käsittelyyn ja hitsattujen rakenteiden valmistamiseen, Jalasjärven tehtaalla taas ohutlevytuotantoon. Pääkonttori sijaitsee Tampereella. Koja Oy:n, Koja Marinen ja Kojacool Oy:n toiminnalle on myönnetty ISO 9001:2000-laatusertifikaatti. Koja Oy:n liikevaihto vuonna 2009 oli 36,2 miljoonaa euroa. Työntekijöitä vuoden 2009 lopussa oli yhteensä 187. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.) Liiketoiminnan kehitys vuosina 2005–2009 on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Liikevaihdon kehitys, Koja-Yhtiöt (Koja-Yhtiöt Oy 2010)

### 2.3 Valmistettavat tuotteet

Koja Oy:ssä suunnitellaan ja valmistetaan ilmakehitys tuotteita, joita käytetään niin asuin- kuin teollisuusrakennusten sisäilman tuottamiseen. Valmistettavat ilmakehitys tuotteet voidaan jakaa tuoteryhmittäin ilmakehityskoneisiin, huippu- ja savuimureihin, ilmanlämmittimiin, ulospuhallushajottimiin ja asuntojen ilmanvaihtoon. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.) Kuvassa 1 on Future-ilmakehityskone, joita valmistetaan Koja Oy:n Jalasjärjen tehtaalla.





KUVA 1. Future-ilmankäsittelykone (Koja-Yhtiöt Oy 2010)

Koja Marine toimittaa kokonaisia laivojen ilmastointijärjestelmiä. Toimitukseen kuuluu perussuunnittelu kaavioineen, sähköautomaatiosuunnittelu ja laiteoimitukset. Tämän lisäksi palveluun kuuluu käyttöönotto, koulutus sekä huolto- ja varaosapalvelu. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.) Koja Marine on toimittanut ilmastointijärjestelmän mm. kuvassa 2 olevaan Oasis of the Seas-jättiristeilyalukseen.



KUVA 2. Oasis of the Seas (Koja-Yhtiöt Oy 2010)

Koja Oy:ssä suunnitellaan ja valmistetaan myös teollisuuden prosessipuhaltimia. Prosessipuhaltimet ovat osana erilaisia tuotantoprosesseja mm. paperiteollisuudessa. Prosessipuhaltimien suunnittelu ja valmistus tapahtuu Koja Oy:n Tampereen toimipisteessä. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.) Kuvassa 3 on esitetty eräänlainen Koja Oy:ssä valmistettava prosessipuhallin. Opinnäytetyössä käsiteltävä tuotannonsuunnittelun kehittäminen liittyy juuri prosessipuhaltimien maailmaan.



KUVA 3. Prosessipuhallin (Koja-Yhtiöt Oy 2010)

#### 2.4 Ecofan-prosessipuhaltimet

Opinnäytetyössä käsiteltävät puhaltimet ovat erilaisia Ecofan-sarjan prosessipuhaltimia. Ecofan-puhaltimiin kuuluu sekä keskipakoispuhaltimia että aksiaalipuhaltimia, mutta työssä käsiteltävät puhaltimet ovat kaikki keskipakoispuhaltimia. Kaikki puhaltimet ovat hyvin pitkälle räätälöitävissä asiakkaiden toiveiden mukaan.

Ecofan-keskipakoispuhaltimet ovat käytössä teollisuuden eri osa-alueilla. Läpimenevät ilma/kaasu määrät voivat vaihdella 0,2- n.200 m<sup>3</sup>/s ja vakiomallien lämpötila-alue ulottuu aina +350°C asti. Perusmalleja valmistetaan suora-, kiilahihna- ja kytkinkäyttöisinä, materiaalit voivat vaihtelevat normaaleista teräksistä useisiin erikoismateriaaleihin. Siipipyörätyyppejä ja liitántävarusteita on erilaisia ja säätäminen tapahtuu taajuusmuuttajilla ja johtosiipisäätimillä. (Koja-Yhtiöt Oy 2010.) Puhallinten teho vaihtelee koon mukaan. Suurimmat puhaltimet ovat teholtaan 2 MW.

### 3 TUOTANNONSUUNNITTELU

Tuotanto on yrityksen merkittävin toiminto. Tämän vuoksi sen hallintaan ja kehittämiseen liittyvät usein myös suurimmat ongelmat ja siihen liittyen tehdään merkittävimmät päätökset. (Haverila, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 350–351.) Tuotannon kehittämistä ja hallintaa kutsutaan tuotannonsuunnitteluksi. Tuotannonsuunnittelun keskeisimpiin osa-alueisiin kuuluvat toiminnanohjaus ja materiaalinhallinta.

#### 3.1 Toiminnanohjauksen teoria

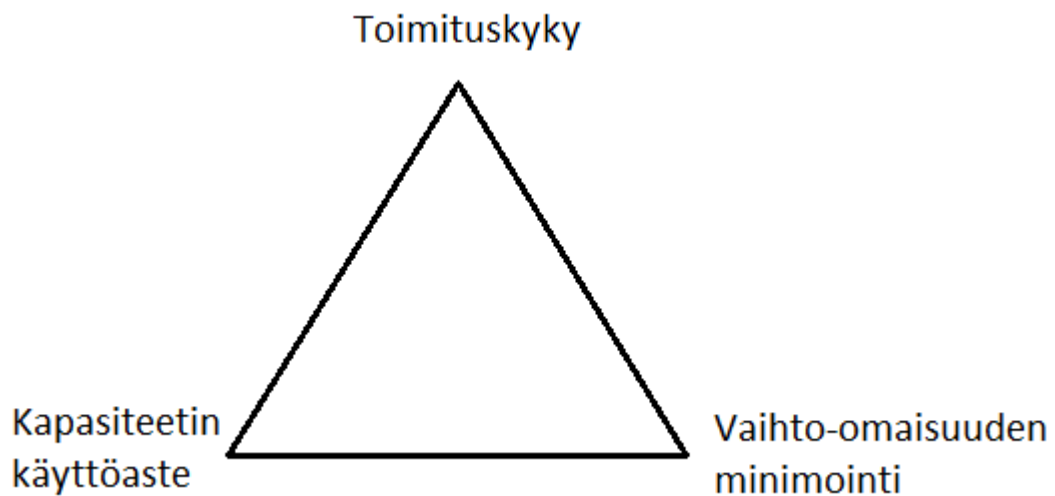
Toiminnanohjaus käsitteenä on vielä melko vähän käytössä, yleensä puhutaan tuotannonohjauksesta, vaikka todellisuudessa tarkoitetaan toiminnanohjausta. Toiminnanohjaus pitää sisällään myös tuotannonohjauksen, mutta lisäksi monia muita toimintoja, kuten myynnin, jakelun, tuotesuunnittelun ja hankinnat. Toiminnanohjaus on yrityksessä tapahtuvien erilaisten toimintojen suunnittelua ja hallintaa. (Haverila ym. 2009, 397.)

Toiminnanohjauksen tarkoituksena on auttaa yritystä saavuttamaan tuotannolliset tavoitteensa sekä selkeyttää tuotannon suunnittelua ja toteutusta. Toiminnanohjauksessa sovelletaan yrityksen omia strategioita tuotannon suunnittelun ja toteutuksen suhteen tavoitteena sujuva ja taloudellinen tuotanto. (Haverila ym. 2009, 397.)

Tuotannon yleinen kannattavuus ja tavoitteet heijastuvat myös tuotannonohjauksen tavoitteisiin. Molemmissa on tavoitteena laadukkaat tuotteet, joustavuus, kilpailukyky ja kustannusten minimointi sekä toimitusvarmuus. Toiminnanohjauksella pyritään helpottamaan tuotannon tavoitteiden saavuttamista, ohjaamalla ja organisoimalla tuotannon toimintaa. Tärkeänä osana tuotannonohjausta on myös resurssien hallinta, kapasiteetin käyttöaste ja tuotannon läpäisy aika. (Haverila ym. 2009, 402.)

Kuviossa 2 on esitetty kolme tuotannon perustavoitetta. Kolmio kuvastaa tavoitteiden ristiriitaisuutta, sillä panostamalla yhteen toiset tavoitteista kärsivät. Tavoitteena onkin yrittää saavuttaa tasapaino kaikkien kolmen välille. Hyvä toimitusvarmuus edellyttää tuotteiden, puolivalmisteiden ja raaka-aineiden varastointia sekä valmiutta pienten tuo-

tantoerien joustavaan valmistukseen (Haverila ym. 2009, 402). Tuotannonohjauksen yhtenä haasteena onkin olla muun tuotannon apuna näiden tavoitteiden saavuttamisessa.



KUVIO 2. Toiminnanohjauksen tavoitteet

### 3.2 Tuotekonfigurointi

Tuotekonfiguroinnilla tarkoitetaan tuotteen yksilöimistä asiakkaan tarpeiden mukaan. Siinä kaikista olemassa olevista ominaisuuksista valitaan asiakkaan toiveita vastaavat. Tuotekonfigurointi tehdään automaattisesti tuotekonfiguraattorin avulla, jonne syötetään ehdot, joiden perusteella konfiguraattori löytää oikean osan tai moduulin haluttuun tarkoitukseen. Yleensä konfiguraattori on osana toiminnanohjausjärjestelmää. (Huttunen 2009, 1)

Tuotekonfiguroinnin etuja ovat nopeus, virheettömyys ja kustannussäästöt. Täydellisellä tuotekonfiguroinnilla tuote saadaan valmistukseen ilman suunnittelua ja valmistus voidaan käynnistää nopeasti. Tällöin myös suunnittelulle saadaan lisää aikaa tuotteiden kehittämiseen. Menetelmällä voidaan pienentää virheenmahdollisuutta kun järjestelmä antaa syötettyjen ehtojen perusteella oikean moduulin, eikä perusteluja tarvitse itse muistaa. Kustannussäästöjä tulee ajankäytön tehostumisesta ja lopputuotteiden määrän vähenemisestä. Konfiguroinnin ansiosta tuotehallinta ja hinnoittelun hallinta paranevat rakenneyhdistelmien ja hintojen ollessa selkeämmin kaikkien tiedossa. Tämän ansiosta

kaikki, jotka ymmärtävät asiakkaan tarpeet, voivat myydä tuotteen ja luoda sille tilauskohtaisen rakenteen. (Huttunen 2009, 1–2)

### 3.3 Tuotannon karkea- ja hienokuormitus

Monissa yrityksissä tuotannonohjauksessa käytetään tasoajattelua toimintaa selkeyttämässä. Tuotannonohjaus voidaan jakaa suunnittelu- aikataulutus- ja ohjaustasoon. Usein käytetään lisänä tarkempaa jaottelua, jossa suunnittelutaso jaetaan vielä hieno- ja karkeasuunnitteluun, sekä töiden järjestelyyn. Näistä tasoista toiminnan kannalta merkittävintä on karkeasuunnittelutaso. (Hemilä, Häkkinen & Pötry 2009, 27.)

Karkeasuunnittelu tarkoittaa nimensä mukaisesti tuotannon karkeaa suunnittelua. Karkeasuunnittelun tasolla tuotteiden kysyntä ja tarjonta sovitetaan yhteen sijoittamalla tilaukset tuotantoon huomioiden samalla tehtaan kapasiteetti. Karkeakuormituksella luodaan edellytykset tuotannon järkevään toteuttamiseen ja se on siksi tärkein suunnittelutaso tuotannonohjauksen kannalta. Onnistuneella karkeakuormituksella mahdollistetaan tuotannon hienokuormitus ja toteutus. (Hemilä ym. 2009, 27–28)

Toiminnanohjausjärjestelmissä karkeakuormituksen jälkeen tuotannolle saadaan pääaikataulu, jossa tilauksia voidaan summata tietyllä aikavälillä ja verrata niitä kyseisen aikavälin tuotannon kapasiteettiin ja valmistuksen resursseihin. Toiminnanohjausjärjestelmien ominaisuudet poikkeavat toisistaan ja sitä kautta jokainen yritys luo itselleen oman tavan toteuttaa tuotannosuunnittelua. (Hemilä ym. 2009, 27–28)

Karkeasuunnittelu vaikuttaa tuotannonohjauksen seuraaviin tasoihin. Siihen pohjautuu myös tuotannonohjauksen seuraava taso hienokuormitus, jossa tuotannolle tehdään reaaliaikainen aikataulutus. Tässä vaiheessa otetaan huomioon tuotannon kapasiteetti- ja materiaalirajoitteet halutulla aikavälillä ja tarkastetaan karkeakuormituksessa tehty alustava aikataulutus. (Hemilä ym. 2009, 30)

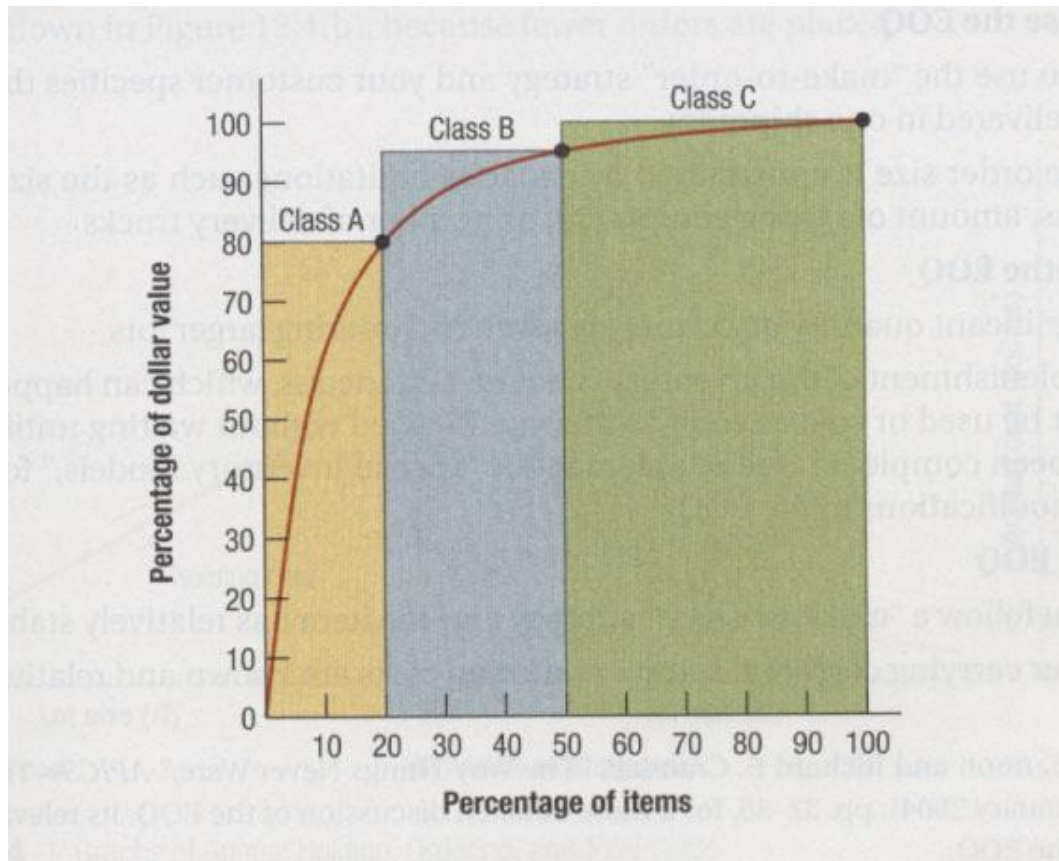
### 3.4 ABC-analyysi

Osa komponenteista vaatii aina tarkempaa kontrollointia ja hallintaa kuin toiset. Tässä tapauksessa voidaan nimikkeiden luokittelun apuna käyttää ABC-analyysia. ABC-analyysia käytetään luokittelemaan ja erottelemaan nimikkeitä toisistaan niiden arvon, määrän ja menekin perusteella. Yleensä ABC-analyysia käytetään materiaalivirtojen hallintaan ja analysointiin esimerkiksi raaka-ainevaraston nimikkeiden luokittelussa, mutta sen käyttöä voidaan soveltaa myös moniin muihinkin tarkoituksiin. ABC-analyysia voidaan hyödyntää myös tuotannonkehityshankkeissa. (Krajewski, Malhotra & Ritzman 2007, 469; Haverila, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 457.)

ABC-analyysi on saanut alkunsa vanhasta 20/80-säännöstä, josta se on pikkuhiljaa kehittynyt nykyiseen muotoonsa. 20/80-säännön mukaan 20 % nimikkeistä aiheuttaa 80 % vuosikulutuksen. 20/80-sääntöä voidaan hyödyntää myös useissa muissa tuotannon tarkasteluissa, kuten että 20 % virheistä aiheuttaa 80 % kaikista virhekustannuksista. (Haverila ym. 2009, 457.)

ABC-analyysissä käytettävien luokkien määrä on yrityskohtainen ja riippuu siitä, mihin tarkoitukseen analyysia halutaan soveltaa. Monissa yrityksissä nimikkeiden ryhmitteilyyn riittää kaksi luokkaa, A ja C. Luokkarajat määritetään tavallisesti prosenttiosuuksina koko nimikemäärästä, ja nimikkeiden rahallisesta arvosta luokka A edustaa tavallisesti 20 %:a kaikista nimikkeistä. A-luokkaan kuuluvat vuosikulutusarvoltaan suurimmat nimikkeet, ja niiden arvo on yleisesti 80 % kaikkien nimikkeiden arvosta. Luokassa B on 30 % nimikkeistä, ja arvoltaan se on 15 % kaikkien nimikkeiden arvosta. C-luokan osuus kaikista nimikkeistä on puolestaan 50 %, ja se edustaa nimikkeiden arvosta vain 5 %:a. C-luokkaan kuuluu vuosikulutukseltaan vähäisimmät nimikkeet. Vastaavalla periaatteella ABC-analyysia voidaan yrityksessä soveltaa myös lopputuote- ja puolivalmisteverastoon. (Krajewski ym. 2007, 469; Haverila ym. 2009, 457.)

Kuviossa 3 on havainnollistettu prosenttiosuuksia ja luokkien suhdetta toisiinsa. Pysty-akselilla on prosentuaalinen nimikkeiden arvo, jonka kehitystä on kuvattu myös käyrällä, ja vaaka-akselilla on nimikkeiden prosentuaalinen osuus.



KUVIO 3. ABC-analyysi (Krajewski ym. 2007, 469)

Nimikkeiden valvontamenetelmiä suunniteltaessa kannattaa huomioida, että A-luokan nimikkeet vaativat merkittävimpinä ja arvokkaimpina nimikkeinä tarkemmat valvontamenetelmät kuin vuosikulutukseltaan ja arvoltaan vähäisemmät C-luokan nimikkeet. C-luokan nimikkeiden valvontaan riittävät huomattavasti karkeammat menetelmät, kuten silmämääräinen kulutuksen tarkkailu. Silmämääräisenä hälytysrajana voidaan pitää jostain menekistä riippuvaa kappalemäärää ja kun tämä määrä saavutetaan, kappaleita tehdään tai tilataan sopiva määrä lisää. (Haverila ym. 2009, 457.)

## 4 TUOTETIEDON HALLINTA

Tuotteisiin liittyvä tieto on yrityksen kannalta eräs merkittävimmistä tiedoista ja siksi sen saatavuus ja ajantasaisuus ovat erittäin oleellisia. Tuotetiedon hallinta eli PDM (Product Data Management) on yrityksen erilaisten tuotetietojen kuten nimikkeiden, rakenteiden ja dokumenttien hallintaa. Yleensä PDM:stä puhuttaessa tarkoitetaan kuitenkin PDM-järjestelmää, jonka avulla tuotetietoja voidaan hallita ja pitää ajan tasalla eri järjestelmien ja käyttäjien välillä. (Martio, Peltonen & Sulonen 2002, 14.)

PDM-järjestelmä otetaan yrityksessä käyttöön muiden järjestelmien tueksi ja helpottamaan tietojen siirtoa ja päivittämistä niiden välillä. Tärkeimpiä PDM-järjestelmän ominaisuuksia ovat nimikkeiden ja tuoterakenteiden hallinta. Näiden seikkojen on kuitenkin oltava kunnossa ja vastattava toisiaan ennen järjestelmän hankkimista, muuten ei voida tarkkaan määrittää, mitä ominaisuuksia tulevalta järjestelmältä halutaan. PDM-järjestelmän hankkimisella ei pelkästään ratkaista tuotetiedon hallinnan ongelmia, eikä sen tule olla prosessin ensimmäinen askel. (Martio ym. 2002, 14–15.)

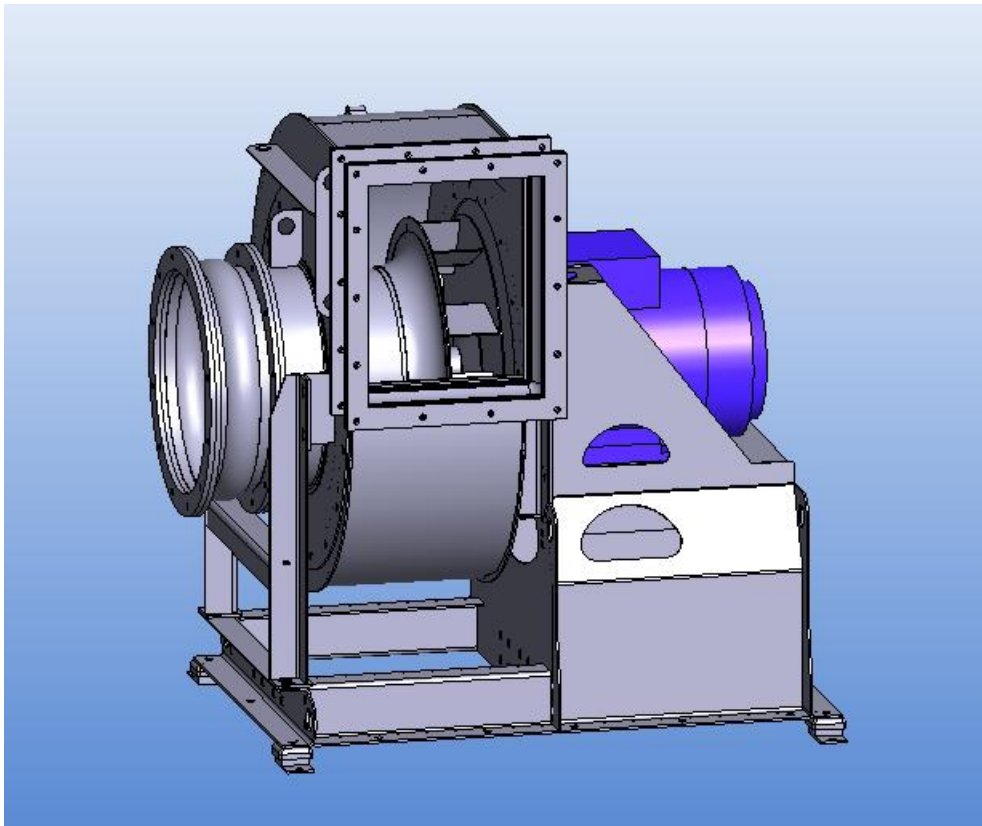
Yleisesti PDM-järjestelmää tarvitaan yrityksen CAD-järjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän eli ERP:n tai molempien tueksi. PDM-järjestelmän integrointi näiden järjestelmien kanssa voi olla joko yksi- tai kaksisuuntaista. Yksisuuntainen tiedonsiirto on paljon yksinkertaisempi toteuttaa, siinä tieto siirtyy vain toiseen suuntaan, esimerkiksi CAD-järjestelmästä PDM-järjestelmään. Integrointi voidaan toteuttaa useilla tavoilla. Yksinkertaisin tapa on tekstitiedostojen siirto. Tähän perustuva integraatio on myös automatisoitavissa. (Martio ym. 2002, 108.)

Järjestelmien integroinnissa on tärkeä määrittää pääjärjestelmä, eli järjestelmä, jossa tietoa hallitaan. Yleensä pääjärjestelmäksi valitaan järjestelmä, jossa nimikkeet ja tuoterakenteet luodaan. Integroinnin avulla tietojen yhtäpitävyys paranee ja muutosten hallinta on helpompaa. PDM- ja ERP-järjestelmän integraatio on haastavampi kuin PDM- ja CAD-järjestelmän, sillä PDM-järjestelmä ei välttämättä osaa käsitellä kaikkia tietoja, joita ERP-järjestelmä tarvitsee. Tämän vuoksi on tärkeä selvittää perusteellisesti järjestelmien ominaisuudet ja mitä niiltä vaaditaan ennen PDM-järjestelmän hankkimista. (Martio ym. 2002, 108–110.)



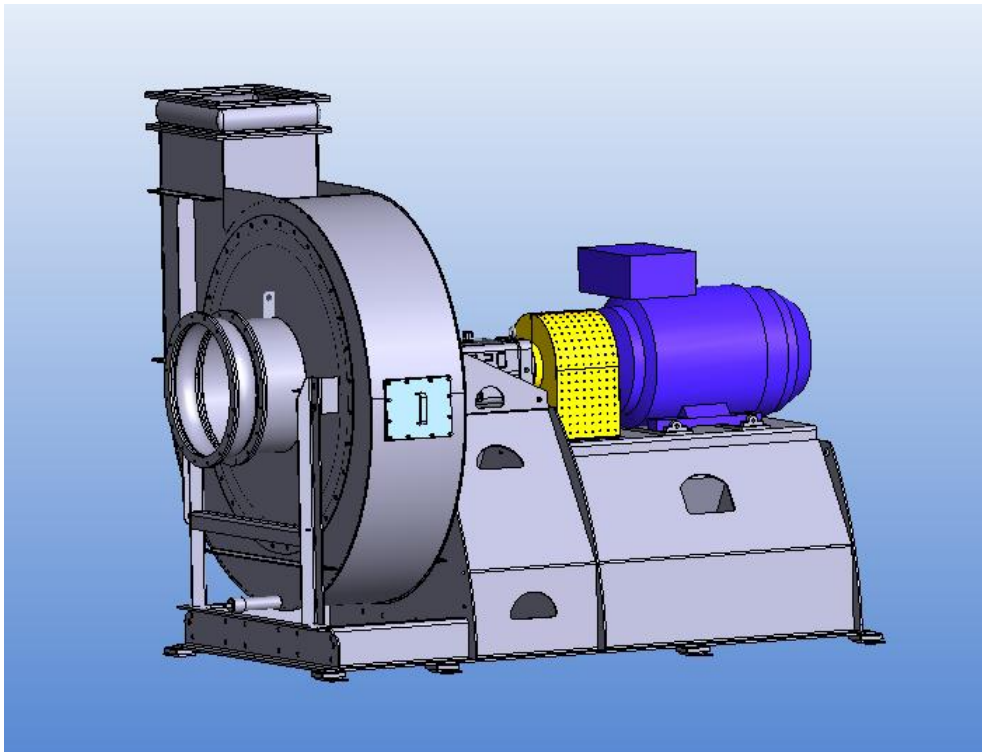
## 5 PUHALTIMIEN RAKENTEEN TARKASTELU

Opinnäytetyöhön valittiin tarkasteltaviksi kolme Koja Oy:ssä valmistettavaa puhallinta, jotka oli toimitettu vuoden 2010 aikana. Puhaltimiksi valittiin yksi muita hieman pienempi L-40-sarjan puhallin, joka on esitetty kuvassa 4 ja kaksi hieman isompaa H-63- ja L-100-sarjan puhaltimet, jotka on esitetty kuvissa 5 ja 6. Kuvan 4 puhallin eroaa muista puhaltimista muutenkin kuin kokonsa puolesta. Se on ainut esimerkkipuhaltimista, jossa ei ole kytkintä.



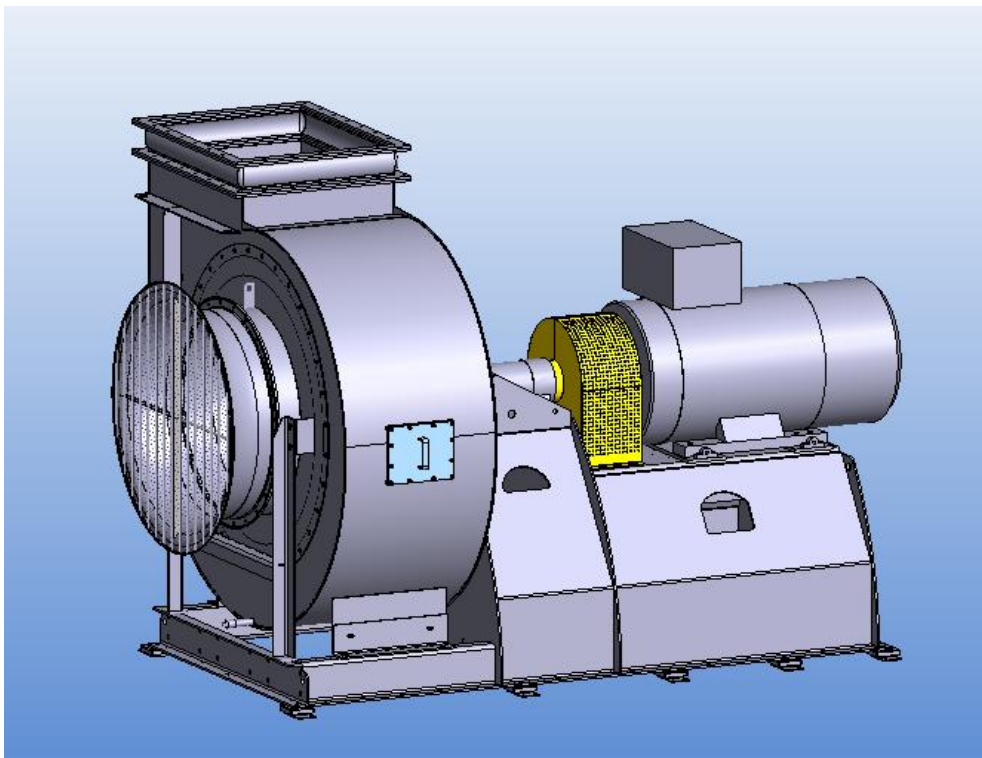
KUVA 4. L-40, 3D-malli

Kuvassa 5 on esitetty toinen kahdesta isommasta opinnäytetyössä käsiteltävästä puhaltimesta. Kuvasta nähdään sen eroavaisuus puhaltimen L-40 kanssa, sillä kuvassa keltaisella värillä merkitty osa on kytkinsuoja.



KUVA 5. H-63, 3D-malli

Kuvan 6 puhallin on hyvin samanlainen kuin kuvan 5 puhallin. Ne ovat lähes samankokoisia ja muistuttavat toisiaan myös rakenteeltaan. Molemmat puhaltimet ovat myös kytkinkäyttöisiä, kuten kuvistakin voidaan havaita.



KUVA 6. L-100, 3D-malli

Puhaltimet koostuvat tietyistä moduuleista, joita ovat esimerkiksi jalusta ja kaapu. Moduulilla tarkoitetaan toiminnallista kokonaisuutta, jolla on selkeät rajapinnat. Rajapinta voi olla määritetty yrityskohtaisista tai teknisistä syistä, mutta sen on oltava kaikille selvillä. (Huttunen 2009, 2.)

Puhaltimien tarkastelu aloitettiin niiden rakenteen purkamisella. Excel-taulukkoihin tehtiin listat kaikista puhaltimien levyosista. Taulukkoon kerättiin seuraavat tiedot jokaisesta levyosasta: missä moduulissa kyseinen osa on, piirustusnumero, nimi, materiaali, levyyn vahvuus, osan massa ja ABC-luokittelutieto.

### 5.1. Nimikkeiden luokittelu

Tässä työssä nimikkeiden luokitteluun käytettiin ABC-analyysia. Todettiin, että opinäytetyön tapauksessa luokitteluun riittäisi luokat A ja C. Suurin osa puhaltimien levyosista on luokan A osia, sillä niitä valmistetaan vain tilauksen tullessa juuri kyseiselle puhaltimelle. C-luokan osiksi määriteltiin kaikki tarkastusluukut, koska niitä valmistetaan hyllyyn aina kun tarvitaan ja sopivassa materiaalissa on tilaa niiden leikkaamiseen. Tarkastusluukkuja voidaan valmistaa muutama kappale hyllyyn valmiiksi, sillä niitä ei valmisteta vain tietylle puhaltimelle vaan tietty tarkastusluukku sopii useampaan puhaltimeen.

Puhaltimessa H-63 myös korokerengas määritettiin luokkaan C, sillä se oli ainut osa, joka valmistetaan 12 mm paksusta levystä. Tästä johtuen sitä ei siis ole kannattavaa leikata vain yhtä kerralla, vaan kuten tarkastusluukut, muutama kappale hyllyyn kun sopivassa materiaalissa on tilaa. Puhaltimessa L-40 imu- ja paineaukon laipat määriteltiin luokkaan C samasta syystä kuin korokerengas puhaltimessa H-63. Laipat olivat myös puhaltimen ainoat 10 mm:n levystä valmistettavat osat.

### 5.2 Havainnot nykyrakenteista

Kun puhaltimien rakenteet oli purettu, voitiin heti havaita muutamia lähempää tarkastelua vaativia kohtia. Ensimmäinen havainto oli erilaisten materiaalien määrä, joka oli

isommilla puhaltimilla 11 ja L-40 puhaltimella kuusi erilaista teräslaatua, pääasiassa erivahvuisia teräslevyjä.

Seuraavaksi huomattiin, että jostain levyvahvuuksista saatettiin valmistaa vain yksi osa. Tämä seikka huomioitiin myös ABC-analyysissä. Samalla kuitenkin mietittiin, olisiko jokin näistä osista mahdollista valmistaa jostain sellaisesta materiaalista, jota puhaltimessa käytetään paljon enemmän.

Yleisesti oli havaittavissa, että tietyt materiaalivahvuudet olivat jokaisessa puhaltimessa harvinaisempia kuin toiset. Tästä nousi esiin kysymys, voitaisiinko kyseiset osat tehdä jostain muusta materiaalivahvuudesta, jotta materiaalien määrä saataisiin pienemmäksi.

### 5.3 Rakenteiden vakiointi

Rakenteiden vakioinnin tarkoituksena on yksinkertaistaa ja yhtenäistää puhallinten rakennetta ja ulkonäköä. Vakioinnilla on merkitystä suunnitteluun, siitä tulee selkeämpää ja työt helpottuvat ja yksinkertaistuvat vakioitujen rakenteiden suhteen. Vakiointi mahdollistaa osaltaan tuotannon nopeampaa käynnistämistä. Suunnittelun tarve vähenee ja valmistus voidaan käynnistää nopeammin, täysin vakiorakenteisissa malleissa jopa kokonaan ilman suunnittelua. Vakioinnissa kuten muussakin kehitystyössä on tärkeää huomioida, että kaikki moduulit olisi mahdollista valmistaa nykyisellä konekannalla.

Opinnäytetyössä käsiteltyjen puhaltimien rakenteiden vakiointiehdotukset mietittiin moduuleittain. Monissa moduuleissa oli samoja rakenteita, joiden suhteen vakiointi olisi kannattavaa. Eristysvarauksen suuruuden vakiointi oli eräs asia, joka toistui monissa eri moduuleissa. Se voitaisiin vakioda jalustan, kaavun ja imuosan rakenteisiin. (Peura 2010.)

Jalustan ja takalevyn rakenteisiin voitaisiin suunnitella vakioidut ratkaisut kaikille mahdollisille lisävarustevaihtoehdoille. Puhaltimiin saatavia lisävarusteita ovat mm. akselitiiviste ja jäähdytyskiekko. Vakiointi olisi lisävarusteesta riippuva, jolloin esimerkiksi jokaista jalustan rakennetta kohti olisi vakioitu akselitiivistys. (Peura 2010.)

Lisätuennan vakiointi voitaisiin toteuttaa jalustan, kaavun ja etutuen osalta. Näin ollen tulisi vain yhdenlainen lisätuentamalli jokaiselle kokoluokalle, eikä sitä tarvitsisi suunnitella aina uudelleen. (Peura 2010.)

Kaavussa voitaisiin vakioda myös nesteenpoistoyhteen koko. Osaan tehtäisiin vain tietynkokoinen aukko nesteenpoistoyhteelle ja lopullista kokoa muutettaisiin erilaisilla lisäosilla tapauskohtaisesti. Näin rakenne pysyisi aina vakiona, vaikka nesteenpoiston tarve vaihtelisi. (Peura 2010.)

Siipipyörän etu- ja takalevystä voitaisiin vakioda niin, että niistä valmistettaisiin ainoastaan maksimikokoa, jolloin siiven kokoa muuttamalla saataisiin halutut ominaisuudet. Siipipyörän navan sisäreikä, eli laakerointi, voitaisiin vakioda niin, että jokaista kokoa kohti olisi tietty laakerointi. Vakioitu versio voisi olla myös, jos siipipyörään tarvittaisi olosuhteiden takia lisätuenta, tai jos se valmistettaisiin jostain erikoismateriaalista. (Peura 2010.)

Erilaisilla kosketussuojilla voisi myös olla vakioidut versiot. Kosketussuojien vakiointi suunniteltaisiin erikokoisille puhaltimille erikseen. Näin tietynkokoiselle puhaltimelle olisi aina samat kosketussuojat, ja suunnittelun tarve laskisi. (Peura 2010.)

Vakiointi olisi myös tarpeellista samankokoisten puhaltimen eri sovitteiden suhteen. Tiedyt rakenteet, kuten kaapu, voisi olla samanlainen kaikilla eri sovitteilla. Sen rakenteen ei tarvitse olla erilainen, vaikka puhallin toimisi kytkimen tai kiilahihnan avulla. (Peura 2010.)

Eräs vakioitava asia olisi myös työohjeiden merkitseminen. Tällä hetkellä työohjeet on esitetty kuvassa, eivätkä ne välttämättä ole ajan tasalla. Työohjeet päivitetään aina suunnittelun yhteydessä. Jos rakenteita vakioitaisiin, kuvia tulisi paljon vähemmän. Tällöin työohjeitakin tulisi vähemmän ja niitä olisi helpompi pitää ajan tasalla, mikä säästäisi jälleen aikaa suunnittelulta. (Peura 2010.)

Työohjeet voitaisiin siirtää myös kokonaan pois kuvista ja koota yhteen samaan paikkaan. Sopiva paikka työohjeille voisi olla esimerkiksi yrityksen intranet. Siellä ne olisivat kaikkien työntekijöiden nähtävissä ja niiden muokkaaminen olisi helppoa. Tällöin ei myöskään tulisi mahdollisuutta virheellisten tai vanhentuneiden ohjeiden leviämiseen

epähuomiossa. Jokaisessa valmistussolussa voisi myös olla tulostettuna siellä tarvittavat työohjeet. Kun ohjeisiin tehtäisiin muutoksia, uudet ohjeet toimitettaisiin myös valmistussoluihin.

Tuoterakenteiden vakiointi selkeyttää toimintaa ja vähentää suunnittelun tarvetta, tietyissä tapauksissa jopa poistaa sen kokonaan. Tuotannossa, joka perustuu asiakkaan tarpeisiin, ja jossa tuotteet valmistetaan yksilöllisesti asiakkaan toiveiden mukaan, on mieltittävä tarkkaan vakioinnin vaikutusta kysyntään. Vakioinnilla ei ole tarkoitus vähentää tuotteiden kysyntään vaan helpottaa tilausten käsittelyä sekä tuotteiden suunnittelua ja valmistusta. Vakioinnista huolimatta asiakkaan tarpeet tulee pystyä huomioimaan ja tuote valmistamaan niiden mukaan. Edellä esitetyt rakenteiden vakioinnit noudattavat tätä ja tuotteet voidaan muokata asiakkaan tarpeita vastaaviksi samalla tavalla kuin ennenkin.

Vakioinnin vaikutuksia on vaikea arvioida konkreettisesti säästetyssä raha summassa, mutta hyödyt ovat selkeät. Vakiointimallien avulla voidaan säästää huomattavasti aikaa ja ylimääräistä työtä. Esimerkiksi lisätuentojen suhteen ei tarvitse enää tapauskohtaisesti suunnitella täysin uutta tuentaa, kun jokaisella kokoluokalla on olemassa oma vakioitu mallinsa.

## 6 LASERLEIKKAUS

Puhaltimien ensimmäinen valmistusvaihe on laser-leikkaus. Koja Oy:ssä käytössä oleva laserlevytyöasema on merkiltään Bystar 4020 BTL 4000 ja sen valmistajana toimii Bystronic. Kyseinen laserlevytyöasema on esitetty kuvassa 7. Ohjelmistona käytetään saman valmistajan Bysoft-ohjelmistoa.



KUVA 7. Laserlevytyöasema, Koja Oy (Koja Oy 2010)

### 6.1 Nykytilanne

Leikkausaikojen ja materiaalin kulutuksen selvittämiseksi tehtiin kaikista kolmesta käsiteltävästä puhaltimesta harjoitukset, jossa osat sijoiteltiin oikeille levyille halutulla tavalla käyttäen laserille suunniteltua kappaleiden sijoitteluohjelmaa. Kun kaikki osat olivat paikoillaan, ohjelma laski materiaalin hukkaprosentin ja leikkausajan.

Pienimmän puhaltimen L-40 kohdalla havaittiin, että kaikkia muita materiaaleja tarvittiin melko vähän ja hukkaprosentit nousivat korkeiksi, lukuun ottamatta S355MC 4 mm:n levyä, josta suurin osa kaikista osista oli valmistettu. Kaikista suurin hukkaprosentti oli saman materiaalin 5 mm levyn vahvuudella.

Puhaltimen H-63 osien sijoittelun jälkeen havaittiin, että materiaalista S355MC 12 mm:n levyvahvuudesta ei valmisteta kuin yksi osa, joka tällä hetkellä valmistetaan työle. Tämän osan ei kannata olla työle leikattava, sillä yhden osan takia asetusten muuttaminen ja levyn vaihtaminen laserille on epätaloudellista ja siinä kuluu suhteettoman paljon aikaa. Havaittiin myös, että kahdeksan ja kymmenen millimetrin materiaaleista valmistettavat osat voitaisiin yhdistää kymmenen millimetrin levyille. Samoin voitaisiin tehdä myös viiden ja kuuden millimetrin osat materiaalissa S650MC, sillä ainoastaan yksi osa valmistetaan tällä hetkellä viiden millimetrin materiaalista.

Puhaltimen L-100 sijoittelukuvia tarkasteltaessa havaittiin lähes samanlaisia materiaalien käyttöön liittyviä asioita. Myös tässä puhaltimessa saataisiin hukkaprosentti pienemmäksi, kun ainut 5 mm:n osa yhdistettäisiin 6 mm osien kanssa ja 8 mm:n osat 10 mm osien kanssa.

## 6.2 Esimerkkitalanne

Ensimmäiseksi päätettiin kokeilla hukkaprosenttien pienentämistä yhdistämällä levyjen vahvuuksia edellisessä kappaleessa esitettyjen havaintojen perusteella. Tästä seuraa useassa tapauksessa myös levynvaihtojen vähenemistä. Kappaleessa esitetyt hukkaprosentit eivät ole aina todellisia hukkaprosentteja, sillä usein hukkaprosentin ollessa suuri levyä voidaan hyödyntää myöhemminkin.

Puhaltimen L-40 osalta aloitettiin yhdistämällä samasta materiaalista valmistettavat 4 mm:n ja 5 mm:n osat samalla 4 mm:n levyllä. Tällä muutoksella saatiin kaikki materiaaleista valmistettavat osat samalle levyllä ja hukkaprosenttien 35,3 ja 96,3 sijaan tuli hukkaa vain yhdestä levystä 32,5 %. Tästä seurasi myös yhden levyn vaihdon ja sen asetusaikojen pois jääminen ja laserin käyttöaste kasvoi.

Tällä hetkellä puhaltimessa L-40 kaikki muut osat valmistetaan materiaalista S355MC, mutta siipipyörän osat valmistetaan vahvemmassa S650MC materiaalista. Päätettiin kokeilla mitä hyötyä saataisiin jos kaikki osat valmistettaisiin materiaalista S355MC. Pienemmillä puhaltimilla, kuten L-40, tämä voisi olla mahdollista riippuen kuitenkin vaadituista ominaisuuksista. Samalla päätettiin myös yhdistää kaikki 3 mm:n vahvuiset materiaalit 5 mm vahvuisten tavoin 4 mm:n levyllä. Täten levyjä jäisi enää kaksi, 4 mm:n ja



8 mm:n vahvuiset levyt, eli asetusten tekemiseen kuluva aika ja levyjen vaihdot vähenivät entisestään ja hukkaprosenttia saataisiin pienemmäksi.

Puhaltimen H-63 muutokset aloitettiin yhdistämällä 5 mm:n ja 6 mm:n S650MC- materiaalin osat 6 mm:n levyille ja 8 mm:n ja 10 mm:n S355MC-materiaalista valmistettavat osat 10 mm:n levyille. Erityisesti S650MC-materiaalin osien suhteen huomattiin suuria muutoksia hukkaprosentin suhteen. 69 ja 78,8 alkuperäisten hukkaprosenttien tilalle tuli 47,8 ja kaikki osat saatiin samalle levyille. 8 ja 10 mm osien suhteen muutokset eivät olleet niin merkittäviä hukkaprosenttien suhteen.

8 mm osien joukossa oli puhaltimen takalevy, joka on sen verran iso osa, että se ei mahdu kokonaisena pienemmälle levykoolle. Esimerkissä kokeiltiin kahta erilaista vaihtoehtoa osan sijoittamiseen levyille. Toinen vaihtoehto oli sijoittaa levy kokonaisena isommalle levyille, jolloin hukkaprosentti oli hieman suurempi, ja toinen vaihtoehto taas oli katkaista takalevy sen yläosasta, ja sijoittaa molemmat osat pienemmälle levyille. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa hukkaprosentista saatiin pienempi, mutta samalla tuli lisää hitsattavaa.

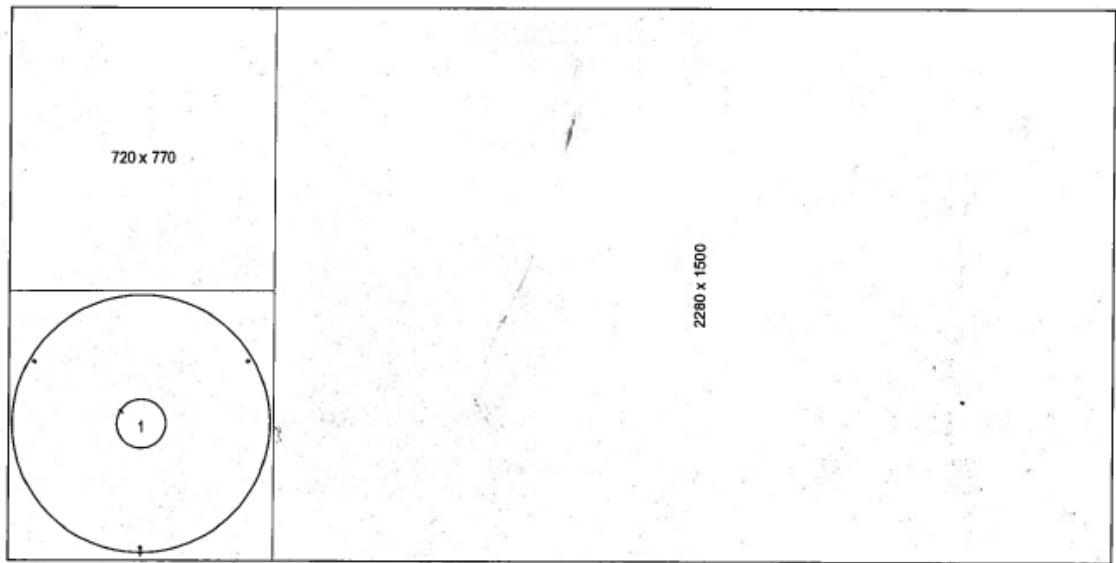
Eniten muutoksia kuitenkin saatiin aikaan, kun ainut 12 mm:n osa, korokerengas, siirrettiin hyllyosaksi. Esimerkissä se ei enää olisi työlle valmistettavien osien joukossa, vaan sitä leikattaisiin varastoon muutama kappale kun sopivaa materiaalia leikataan muuta tarkoitusta varten ja kun sen varastosaldo alkaa pienentyä. Tällä muutoksella saatiin koko 12 mm:n levy pois leikattavien materiaalien joukosta ja sen mukana 99,6 %:n hukka.

Puhallin L-100 oli muutostarpeiltaan hyvin samanlainen puhaltimen H-63 kanssa. Tästäkin puhaltimessa tehtiin samojen materiaalien ja materiaalivahvuuksien yhdistämistä. Osassa muutoksista saatiin kuitenkin aikaan suurempia muutoksia hukkaprosentin vähentämisen suhteen. Yhdistettäessä 8 mm:n ja 10 mm:n osat samalle 10 mm:n levyvahvuudelle saatiin hukkaprosenttien 76,7 ja 26,5 tilalle vain yksi hukkaprosentti 20,7. Levyjen määräkin väheni, sillä kaikki 8 mm:n osat mahtuivat 10 mm:n levyille siihen osaan, mikä ennen olisi ollut hukkaan menevää materiaalia.

Kun ainut 5 mm vahvuinen osa yhdistettiin 6 mm:n levyille, saatiin hukkaprosenttien 91,8 ja 72,7 tilalle 64,5 %. Osien sijoittelut levyille on esitetty kuvissa 8, 9 ja 10. Kuvis-

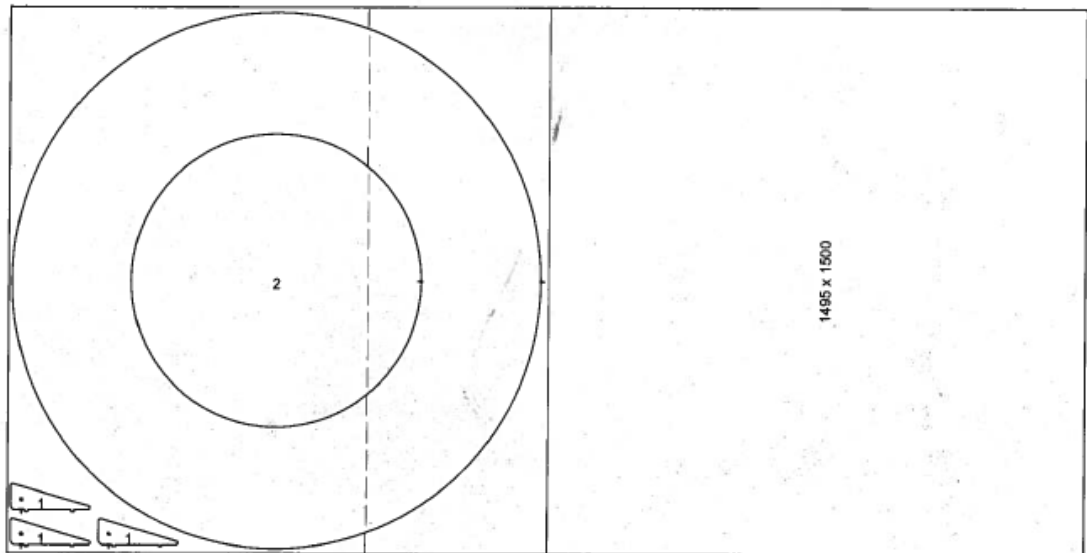
sa esitetyt osat ovat siipipyörän osia ja ne valmistetaan vahvemmassa materiaalista kuin muut osat. Kuvista voidaan myös havaita, että todellinen hukkaprosentti ei ole 64,5 %, vaan osa levystä on vielä myöhemmin hyödynnettävissä.

Kuvassa 8 on esitetty ainut 5 mm:n materiaalista valmistettavan osan levyllä sijoittelu. Kuvasta nähdään, että levynkäyttöprosentti ei ole kovin korkea. Kaikki materiaali ei kuitenkaan ole hukkaan menevää, vaan alueet 720x770 ja 2280x1500 voidaan hyödyntää myöhemmin.



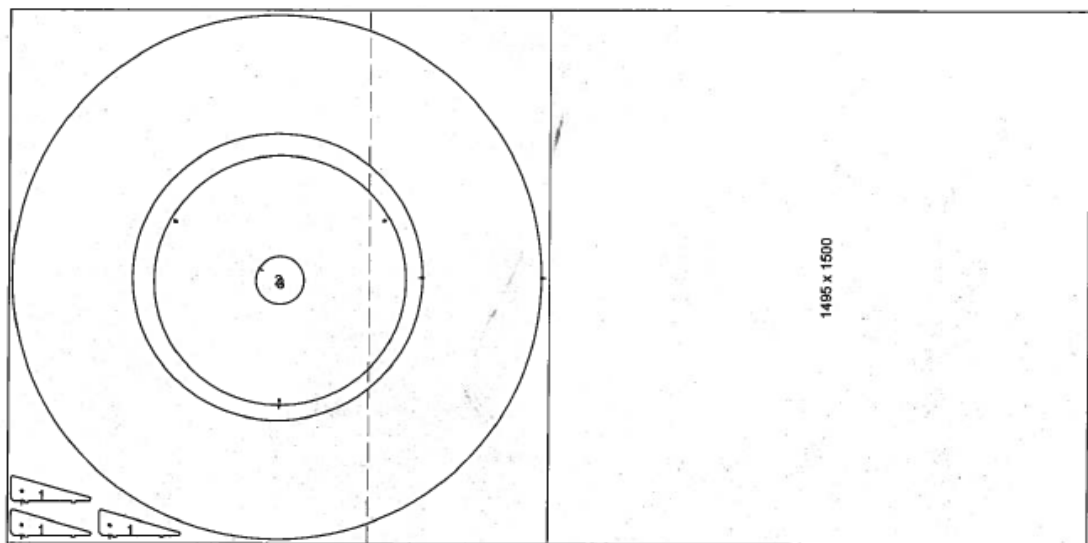
KUVA 8. Siipipyörän osa, 5 mm

Kuvassa 9 on esitetty 6 mm materiaalista valmistettavat osat. Tässä levyssä ainoastaan alue 1495x1500 voidaan hyödyntää myöhemmin, joten todellinen hukkaprosentti on jopa suurempi kuin kuvassa 8.



KUVA 9. Siipipyörän osia, 6 mm

Kuvassa 10 on esitetty esimerkkutilanne, jossa kaikki kuvien 8 ja 9 osat on leikattu samasta 6 mm vahvuisesta materiaalista. Kuten kuvasta nähdään, on kuvassa 8 esitetyn osan materiaali lähes ilmaista, sillä se saadaan nyt leikattua sellaisesta osasta, joka olisi muuten ollut materiaalihukkaa.



KUVA 10. Siipipyörän osia, yhdistetty 6 mm:n levyille

Puhaltimien H-63 ja L-100 suhteen kokeiltiin myös muutosta, jossa kaikki tällä hetkellä samaa materiaalivahvuutta mutta eri materiaaleja olevat osat olisivatkin kaikki samaa materiaalia S650MC. Tämä ei kuitenkaan osoittautunut kovinkaan hyväksi vaihtoehdoksi, sillä S650MC-materiaalin levykoot ovat sen verran pienemmät kuin S355MC:n, että monet osat olisi jouduttu leikkaamaan pienemmissä paloissa, mistä olisi aiheutunut lisää hitsattavaa, eli aikaa ja rahaa olisi kulunut huomattavasti enemmän.

### 6.3 Kustannustarkastelu

Puhaltimien kustannusten tarkastelu tehtiin vain esimerkkitalanteen tuomien muutosten suhteen. Tarkastelu suoritettiin taulukoimalla kaikki muutoksiin vaikuttavat seikat kunkin puhaltimen osalta ja laskemalla niiden vaikutus puhaltimen valmistuskustannuksiin.

Kustannusten muutoksiin vaikuttavat eniten materiaali ja sen muutokset. Levyjen määrällä oli merkitystä leikkausaikaan ja levyjen vaihtoon kuluvaan aikaan. Kun työaika saatiin lyhyemmäksi, kustannukset laskivat. Osien sijoittelulla on merkitystä hukkakustannuksiin. Mitä pienempi levyn hukka on, sitä pienempiä ovat kustannukset. Eräs merkittävä kustannusten lisääjä oli hitsaus. Hitsauksen lisääntyminen vaikuttaa merkittävästi kustannusten nousuun ja valmistukseen kuluva aika kasvaa.

#### 6.3.1 L-40

Puhaltimen L-40 hintatarkastelu on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Taulukossa 1 on esitetty prosentuaaliset muutokset, jotka tulevat kun 5 ja 4 mm:n materiaalivahvuudesta valmistettavat osat valmistettaisiinkin kaikki 4 mm:n levyistä. Muodostuneita kustannuksia on verrattu nykytilanteen mukaan valmistettavaan puhaltimeen.

TAULOKKO 1. L-40 muutosiesimerkki 1

	5 mm->4 mm
huomioitavaa	
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-1
materiaalikustannukset	-0,79 %
laserin leikkausaika (h)	-0,01
laserin työn hinta	-1,41 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,25
levyn vaihtokustannukset	-25,00 %
levyn hukkakustannus	-13,14 %
prosentuaalinen kokonaisuutos	-6,58 %

Taulukosta 1 voidaan nähdä materiaalikustannusten hieman laskevan, mikä johtuu materiaalivahvuuden pienenemisestä, sillä 4 mm:n materiaali on halvempaa kuin 5 mm:n. Varsinainen leikkausaika ei juuri pienene, toisin kuin levynvaihtoihin kuluva aika, sillä levynvaihtoja ei tule enää niin paljon. Materiaalia ei myöskään mene enää niin paljon

hukkaan kuin ennen. Tästä kaikesta seuraa lopullisten valmistuskustannusten pienene-  
minen yhteensä 6,58 %.

Taulukossa 2 on esitetty muutokset, jotka aiheutuvat kaikkien materiaalien yhtenäistä-  
misestä materiaaliksi S355MC. Taulukossa on tutkittu tilannetta erilaisilla materiaali-  
vahvuuksilla ja osien sijoitteluilla.

TAULOKKO 2. L-40 muutosesitysmerkki 2

	S355MC	S355MC	S355MC
huomioitavaa	materiaalien määrä	materiaalien määrä	1. uudella sijoittelulla
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-2	-1	-2
materiaalikustannukset	0,18 %	-2,31 %	0,18 %
laserin leikkausaika (h)	0,00	-0,01	0,00
laserin työn hinta	0,00 %	-1,41 %	0,00 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,5	-0,25	-0,50
levyn vaihtokustannukset	-50,00 %	-25,00 %	-50,00 %
levyn hukkakustannus	-47,85 %	-17,96 %	-54,82 %
prosentuaalinen kokonaismuutos	-17,17 %	-8,44 %	-18,90 %

Taulukosta 2 nähdään, että kaikissa vaihtoehdoissa kokonaiskustannukset laskevat ny-  
kytilanteeseen verrattuna. Suurimmat säästöt kuitenkin saadaan esimerkeillä, joissa ma-  
teriaalien määrä on vähennetty kahteen materiaalivahvuuteen. Tämä on mahdollistettu  
yhdistämällä myös kaikki 3 mm:n vahvuisesta materiaalista valmistettavat osat samalle  
4 mm:n levyille 5 mm:n vahvuisesta materiaalista valmistettavien osien tavoin. Näin ra-  
dikaali muutos kuitenkin vaikuttaa jo puhaltimen ominaisuuksiin, eikä sitä siksi ole  
mahdollista hyödyntää kaikissa tapauksissa. Parhaimmillaan tällaisella muutoksella kui-  
tenkin saataisiin kokonaiskustannuksia laskettua 18,9 % verrattuna nykytilanteeseen.  
Hieman yli prosenttiyksikön muutos esimerkkien välille, jossa kummassakin on käytet-  
ty vain kahta materiaalia, saatiin uudella kappaleiden levyille sijoittelulla. Esimerkissä,  
jolla saatiin suurin kustannusero nykytilanteeseen, osia sijoiteltiin enemmän sisäkkäin.

### 6.3.2 H-63

Puhaltimen H-63 kustannustarkastelu on esitetty taulukoissa 3, 4 ja 5. Taulukossa 3 on  
esitetty kustannustarkastelu esimerkistä, jossa 8 mm:n levyvahvuudesta valmistettavat  
osat olisi yhdistetty 10 mm:n levyille. Taulukossa on esitetty kaksi eri leikkausvaihtoeh-  
toa. Toisessa takalevy on kahtena osana, jolloin valmistuskustannukset nousevat myös

hitsauksen lisääntyttä, ja toinen, missä takalevy leikataan isommalta levyltä, jolloin vastaavasti hukkakustannukset ovat suuremmat.

TAULOKKO 3. H-63 muutosesitysimerkki 1

	8 mm->10 mm	8 mm->10 mm
huomio	takalevy kahtena osana	takalevy yhtenä osana
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-2	-2
materiaalikustannukset	-2,32 %	-2,06 %
laserin leikkausaika (h)	-0,12	-0,11
laserin työn hinta	-3,44 %	-3,07 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,5	-0,5
levyn vaihtokustannukset	-20,00 %	-20,00 %
levyn hukkakustannus	-23,15 %	-19,25 %
ylimääräiseen hitsaukseen kuluva aika (h)	2,49	
prosentuaalinen kokonaismuutos	-3,40 %	-5,53 %

Taulukosta kolme havaitaan, että molemmat vaihtoehdot ovat kustannuksiltaan alhaisemmat nykytilanteeseen nähden. Se kuitenkin johtuu suurelta osin jo korokerenkaan siirtämisestä hyllyosaksi, joka on laskenut materiaalikustannuksia. Muussa tapauksessa materiaalikustannukset hieman nousisivat siirryttäessä paksumpaan materiaaliin. Hukkakustannukset kuitenkin pienenevät tämän esimerkin muutosten ansiosta.

Taulukosta kolme huomataan myös, että vaikka hukkakustannukset kasvavat kun takalevy leikataan kokonaisuena isommalta levyltä, lopulliset kustannukset ovat kuitenkin toista vaihtoehtoa alhaisemmat. Ylimääräisestä hitsauksesta aiheutuvat ajalliset kustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin materiaalihukasta aiheutuvat kustannukset. Voidaan todeta, että ylimääräistä hitsaustyötä tulee välttää niin kustannuksen kuin lujuudenkin takia.

Taulukossa 4 on esitetty kustannustarkastelu esimerkistä, jossa 5 mm:n materiaalista valmistettavat osat on yhdistetty 6 mm:n levyille. Voidaan todeta, että merkittävin muutos on materiaalikustannuksista, joista suurin osa johtuu korokerenkaasta ja sitä kautta yhden levyn puuttumisesta. Pieniä parannuksia on myös hukkakustannuksissa, mutta ne eivät ole kovin merkittävä kustannusten aiheuttaja suhteessa kaikkiin kustannuksiin.

TAULUKKO 4. H-63 muutosiesimerkki 2

	5 mm->6 mm
huomio	
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-2
materiaalikustannukset	-3,58 %
laserin leikkausaika (h)	-0,04
laserin työn hinta	-0,98 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,5
levyn vaihtokustannukset	-20,00 %
levyn hukkakustannus	-5,85 %
ylimääräiseen hitsaukseen kuluva aika (h)	
prosentuaalinen kokonaisuutos	-4,14 %

Taulukossa 5 on esitetty kaksi yhdistettyä esimerkkiä taulukoiden 3 ja 4 tarkasteluista. Eri esimerkit ovat taulukossa 3 esitetyt esimerkit, joihin on kumpaankin yhdistetty taulukossa 4 tarkasteltu tilanne. Kolmas esimerkki taulukossa 5 on tilanteesta, jossa kaikki samaa materiaalivahvuutta olevat osat valmistettaisiin materiaalista S650MC. Tällä hetkellä materiaalista S650MC valmistetaan vain siipipyörän osat, sillä muiden osien ei välttämättä tarvitse olla niin lujasta materiaalista.

TAULUKKO 5. H-63 yhdistetty esimerkit 1 ja 2, muutosiesimerkki 3

	edelliset 2 yhd.	edelliset 2 yhd.	S650MC
huomio	takalevy kahtena osana	takalevy yhtenä osana	
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-3	-3	-3
materiaalikustannukset	-1,76 %	-1,50 %	0,05 %
laserin leikkausaika (h)	-0,10	-0,09	-0,03
laserin työn hinta	-2,84 %	-2,47 %	-0,79 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,75	-0,75	-0,75
levyn vaihtokustannukset	-30,00 %	-30,00 %	-30,00 %
levyn hukkakustannus	-22,17 %	-18,28 %	-24,30 %
ylimääräiseen hitsaukseen kuluva aika (h)	2,49		5,14
prosentuaalinen kokonaisuutos	-3,09 %	-5,22 %	1,24 %

Taulukosta 5 voidaan havaita, että jälleen kannattavammaksi tulee vaihtoehto, jossa takalevy on valmistettu yhdestä osasta. Tässä tapauksessa vaihtoehto ei kuitenkaan ole enää niin kannattava kun siihen on yhdistetty taulukon 4 esimerkki. Tämä johtuu siitä, että molemmissa, taulukoiden 3 ja 4, esimerkeissä materiaalivahvuutta nostettiin, jolloin kustannukset nousivat. Ne kuitenkin nousivat enemmän taulukon 4 esimerkissä.

Toinen taulukossa 5 tarkasteltu esimerkki osoittaa, että materiaalista S355MC ei kannata turhaa siirtyä vahvempaan materiaaliin, sillä se on huomattavasti kalliimpaa. Kuten

taulukosta 5 voidaan havaita, materiaalikustannukset ovat jopa suuremmat kuin nykyhetken tilanteessa, vaikka materiaalien määrä on huomattavasti pienempi. Eräs merkittävä syy kustannusten nousuun on myös hitsauksen merkittävä lisääntyminen, sillä materiaalista S650MC ei ole olemassa niin isoja levyjä kuin S355MC:tä, ja monet osat joudutaan leikkaamaan useammassa osassa.

### 6.3.3 L-100

Puhaltimen L-100 kustannustarkastelut on esitetty taulukoissa 6 ja 7. Kustannustarkasteluista voitiin havaita monia yhtäläisyyksiä puhaltimen H-63 kanssa. Taulukossa 6 on esitetty tarkastelut kahdesta eri esimerkistä. Toisessa 8 mm:n osat on leikattu 10 mm osien kanssa samasta levystä ja toisessa 5 mm: ja 6: mm osat on yhdistetty 6 mm:n vahvuiselle levyille.

TAULUKKO 6. L-100 muutosiesimerkit 1 ja 2

	8 mm->10 mm	5 mm->6 mm
huomio		
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-1	-1
materiaalikustannukset	1,13 %	0,15 %
laserin leikkausaika (h)	-0,09	0,00
laserin työn hinta	-2,17 %	-0,08 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,25	-0,25
levyn vaihtokustannukset	-12,50 %	-12,50 %
levyn hukkakustannus	-11,77 %	-12,97 %
ylimääräiseen hitsaukseen kuluva aika (h)		
prosentuaalinen kokonaismuutos	-1,36 %	-1,94 %

Taulukosta 6 voidaan havaita samoja asioita kuin puhaltimen H-63 tapauksessa. Kummassakin tarkastellussa esimerkissä päädytään lievään parannukseen kustannusten suhteen. Tämä on seurausta materiaalien määrän vähenemisestä ja hukkaprosentin pienemisestä, sekä näistä johtuvista valmistuskustannusten laskemisesta. Kustannukset kuitenkin laskevat vain hieman, sillä materiaaleissa siirrytään aina ohuemmasta paksumpaan. Materiaalivahvuuden nostaminen kasvattaa materiaalikustannuksia, jotka ovat merkittävimmät kustannusten aiheuttajat puhaltimien valmistuksessa.



Taulukossa 7 on esitetty kaksi esimerkkiä. Toisessa on yhdistetty taulukon 6 esimerkit samaan tarkasteluun ja toisessa on tutkittu tilannetta, jossa kaikki samasta materiaali-  
vahuudesta olevat osat olisi valmistettu samasta materiaalista S650MC.

TAULUKKO 7. L-100, yhdistetty esimerkit 1 ja 2, muutos-esimerkit 3 ja 4

	edelliset 2 yhd.	S650MC	S650MC
huomio		ilman napatukea	napatuen kanssa
laserilla leikattavien materiaalien määrä	-2	-2	-2
materiaalikustannukset	1,28 %	4,78 %	5,66 %
laserin leikkausaika (h)	-0,09	0,03	0,06
laserin työn hinta	-2,25 %	0,81 %	1,53 %
levyn vaihtoihin kuluva aika (h)	-0,5	-0,5	-0,5
levyn vaihtokustannukset	-25,00 %	-25,00 %	-25,00 %
levyn hukkakustannus	-24,74 %	-31,08 %	-31,93 %
ylimääräiseen hitsaukseen kuluva aika (h)		5,29	5,29
prosentuaalinen kokonaismuutos	-3,31 %	5,45 %	6,05 %

Taulukosta 7 nähdään, että suurin parannus kaikkien muutosten osalta saadaan kun taulukon 6 esimerkit yhdistetään. Tällöin kustannukset pienenisivät 3,31 %:a. Suurimmat parannukset johtuvat levymäärän vähenemisestä kahdeksasta kuuteen. Kuitenkin muutos jää melko pieneksi samasta syystä kuin taulukossa 6, eli materiaalikustannusten kasvamisen takia.

Toisesta taulukon 7 esimerkistä voidaan havaita samaa kuin puhaltimen H-63 kohdalla. Materiaalikustannukset nousevat paljon nykyistä tilannetta korkeammiksi, sillä S650MC on kalliimpaa kuin S355MC. Toinen merkittävä kustannuksia lisäävä tekijä on hitsauksen lisääntyminen, mikä on seurausta levykokojen pienemisestä. Taulukossa 7 on tehty kaksi eri tarkastelua. Toisessa on leikattu myös puhaltimen napatuki ja toisessa ei. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, sillä molemmissa tapauksissa kustannukset kasvavat.

#### 6.4 Yhteenveto

Ainoastaan puhaltimen L-40 osalta saatiin rakennemuutoksilla aikaan merkittäviä kustannusten muutoksia. Suurin tekijä kustannusten alenemisessa oli eri materiaalien määrän pudottaminen ainoastaan kahteen materiaaliin. Eri materiaalien määrällä on vaiku-

tusta leikkaus- ja hukkakustannuksiin, mitkä kaikki laskevat näiden muutosten seurauksena. Tällä ja kappaleiden sijoittelulla saatiin aikaan 18,9 %:n kustannusten lasku.

Puhaltimien H-63 ja L-100 osalta muutostarpeet olivat hyvin samanlaiset, eikä merkittäviä parannuksia saatu aikaan muilla materiaalien yhdistämisillä kuin puhaltimen H-63 korokerenkaan osalta, joka on ehdottomasti siirrettävä varasto-ohjattavaksi osaksi tilausohjattavan sijaan. Kaikkia hyötyjä ei voi kuitenkaan täysin havaita kustannusten muutosten perusteella, sillä ne eivät ole suoraan riippuvaisia niistä.

Vaikka kustannustarkastelujen perusteella rahalliset muutokset isommissa puhaltimissa jäivät melko pieniksi, saadaan materiaaleja yhdistämällä aikaan merkittäviä hyötyjä. Materiaalien yhdistäminen ja sitä kautta erilaisten materiaalien määrän väheneminen selkeyttää toimintaa huomattavasti. Toiminnan selkeytymisellä on vaikutus myös virheiden määrään. Virheiden mahdollisuus vähenee selkeytymisen ja yksinkertaistumisen vaikutuksesta. Näillä muutoksilla saadaan aikaan tuotannon tehostumista, jolla on jo suoraan vaikutusta tuotannon taloudellisuuteen.

Eräs merkittävä hyöty, joka myös saavutetaan toiminnan selkeytymisen kautta, on tuotannon läpäisyajan parantuminen. Läpäisyajasta suuren osan muodostavat aina erilaiset asetus- ja odotusajat. Suunnitelluilla muutoksilla juuri näitä aikoja saadaan vähennettyä ja tuotannosta saadaan entistä sujuvampaa.

## 7 TYÖJONOT

### 7.1 Työjonoraportit

Rakenteiden vieminen toiminnanohjausjärjestelmään (ERP) mahdollistaisi töiden käynnistämisen heti tilauksen saavuttua. Jos tilattujen puhaltimien rakenteeseen ei tulisi muutoksia, ERP:stä voitaisiin tulostaa valmiit työjonoraportit tilatuille puhaltimille. Työjonoraportit helpottaisivat ja nopeuttaisivat tuotannon käynnistämistä, sekä selkeyttäisivät toimintaa.

Työjonoraportit voitaisiin tulostaa mille tahansa työvaiheelle ja niihin voitaisiin tulostaa vain yhden tilauksen tuotteet tai vaikka tietyllä aikavälillä tilatut tuotteet. Näin töitä voitaisiin yhdistellä ja tehdä ensin kaikki samoilla asetuksilla tehtävät työt ja sitten vasta vaihtaa uudet asetukset. Tämä säästäisi aikaa ja tehostaisi koneiden käyttöä.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään valmistusta ainoastaan laserleikkauksen ja levy materiaalien osalta, joten työjonoraportteissakin on käytetty esimerkkinä lasersolua. Työjono-ohjaus on kuitenkin mahdollista ottaa käyttöön muissakin valmistuksen vaiheissa.

Laserleikkauksen työjonoraportteissa tärkeimpiä tietoja tilausnumeron ja puhaltimen tyyppin lisäksi ovat piirustusnumero, valmistettavien osien lukumäärä, materiaali ja revisiotieto. Piirustusnumeron perusteella järjestelmistä saadaan haettua osat levyille sijoittelua varten. Revisiotiedolla tarkoitetaan raportissa näkyvää päivämäärää, joka on piirustuksen revisio päivityksen päivämäärä. Sen avulla nähdään koska kuvaan on tullut revisiomuutos, eikä kuvaa tarvitse turhaan avata ja tarkistaa. Version muuttuessa piirustusnumero muuttuu, joten sitä ei tarvitse erikseen ilmoittaa. Muita työjonoraportissa tarvittavia tietoja ovat osan tunnus ja nimi, valmistuspäivämäärä, sekä tieto siitä, valmistetaanko kyseiset osat työlle vai ovatko ne varasto-osia, jolloin niiden pitäisi olla jo valmiina.

## 7.2 Raporttien ulkoasu

Raportteja tehtiin kahdella erilaisella ulkomuodolla. Alkuosat esimerkkitalauksesta tehdyistä raporteista on esitetty liitteissä 1 ja 2. Molemmissa esimerkkiraporteissa haluttiin jaotella tilauksen osat ensin resurssin mukaan, eli ovatko kyseiset osat tilaus- vai varasto-ohjattavia, ja sen jälkeen moduulin mukaan, eli mihin puhaltimen eri moduuleista kyseiset osat kuuluvat. Tämä selventää raportin lukemista erityisesti niissä tapauksissa kun tilauksia on paljon kerrallaan.

Ensimmäisessä mallissa raportille halutut tiedot järjesteltiin siten, että osan tunnus oli ensimmäisenä. Raportilla olevalla osan tunnuksesta tarkoitetaan tunnusta, jolla kyseinen osa yksilöidään toiminnanohjausjärjestelmään. CAD-järjestelmässä tuote on yksilöity piirustusnumeron perusteella ja laserleikkausohjelmissa piirustusnumeroon perustuvalla numerolla. Tunnuksen jälkeen raportissa on osan nimi, valmistuspäivä, määrä, kuinka monta kappaletta kyseistä osaa leikataan, osan kuvanumero, mahdollisen versiomuutoksen päivämäärä ja materiaali. Esimerkkiraportti 1 on esitetty liitteessä 1.

Esimerkkiraportissa 1 järjestys on esitetty toiminnanohjausjärjestelmää ajatellen, sillä siinä on ensimmäisenä toiminnanohjauksen kannalta oleellisin tieto, eli tunnus. Tunnuksen jälkeen tulee luonnollisesti osan nimi, koska tunnus ei vielä itsessään kerro kaikille, mistä osasta on kyse. Materiaalitiedon paikka puolestaan määräytyy suurelta osin sen pituuden takia raportin toiseen reunaan.

Toisessa esimerkkiraportissa tiedot on järjestelty siten, että ensimmäisenä tietona on osan piirustusnumero, piirustuksen mahdollisen revisiomuutoksen päivämäärä ja määrä, kuinka monta kappaletta kyseisiä osia leikataan. Osan tunnus ja nimi, sekä valmistuspäivämäärä on raportissa vasta toissijaisena tietona. Materiaalitieto on jätetty samalle kohdalle, raportin oikeaan reunaan, kuten ensimmäisessä raportissa Esimerkkiraportti 2 on esitetty liitteessä 2.

Esimerkkiraportti 2 on vastaavasti järjestetty laserleikkauksen tarpeita ajatellen. Siinä tiedot on järjestetty siten, että laserleikkausohjelman kannalta oleellisimman tiedot on sijoitettu raportin vasempaan reunaan. Leikkausohjelman tekemisessä oleellisin tieto on osan kuvanumero ja siihen liittyvä mahdollinen versiomuutoksen päivämäärätieto. Kun kuvanumero syötetään laserohjelmaan, saadaan osa, joka voidaan sijoittaa oikealle le-

vylle. Näiden tietojen jälkeen seuraavana tulevat valmistettävien osien määrä, osan tunnus ja nimi, valmistuspäivämäärä ja materiaali.

Raporteilla nähdään monia erilaisia tunnuksia, jotka ovat lähes kaikki toiminnanohjausjärjestelmään liittyviä eri nimikkeiden, kuten materiaalin, yksilöintitunnuksia. Tunnusten määrää voitaisiin kuitenkin vähentää hieman yhtenäistämällä eri järjestelmien välisiä merkintätapoja. Kaikkien osien tunnukset voisivat olla esimerkiksi kuvanumero ja sitä käytettäisiin tunnuksena kaikissa eri järjestelmissä. Tämä muutos selkeyttäisi raportin ulkoasua, mutta siitä olisi apua muihinkin opinnäytetyössä esitettyihin kehittämismahdollisuuksiin.

Osan nimikentässä on nimen lisäksi esitetty lyhyesti myös materiaali ja osan materiaali vahvuus. Kyseinen tieto liitettiin nimiin esimerkiksi materiaalitiedon paikasta raportilla. Jos kyseinen tieto jätettäisiin nimikenttään, ei raportin oikeassa reunassa olevaa pidempää materiaalitietoa laserleikkauksen kannalta tarvitsisi raportilla esittää. Tämä tieto on kuitenkin tuotannonohjauksen kannalta oleellisempi. Sen avulla voidaan tarkkailla kyseisen materiaalin kulutusta ja tehdä tarvelaskentaa.

Raporttien ulkoasua mietittäessä tulee ottaa huomioon mihin tarkoitukseen raporttia käytetään. Molemmat raportit toimivat periaatteessa samalla tavalla laserleikkauksen työjono-ohjauksen raporteina. Liitteen 2 raportti osoittautui kuitenkin käytännössä paremmaksi, sillä siinä on ensimmäisenä tiedot, joita myös työtä aloitettaessa ensimmäisenä tarvitaan. Liitteenä 1 oleva raportti sopii ulkoasultaan yleisempänä esimerkkinä pohjaksi muihinkin valmistusvaiheisiin mahdollisesti tehtäville työjonoraporteille.

Raporttien ulkoasua valmisteltaessa mietittiin myös mahdollisuutta järjestää osia muilla tavoilla. Eräänä esimerkkinä oli raportti, jossa osat oli järjestetty materiaalin ja materiaali vahvuuden mukaan. Tässä tuli kuitenkin ongelmaksi kappaleiden tunnistaminen leikkauksen jälkeen kun kaikki osat järjestetään lavoille puhallinkohtaisesti. Tällä on merkitystä erityisesti silloin kun leikattavana on useita puhaltimia tai monia lähes samankokoisia puhaltimia. Tunnistamisen helpottamiseksi on ajateltu joka tapauksessa jonkun tunnisteiden, esimerkiksi kuvanumeron tai tilausnumeron merkitsemistä osaan laserleikkauksen yhteydessä.

### 7.3 Työjono-ohjauksen mahdollisuudet

Ennen työjono-ohjauksen käyttöönottoa täytyy nykytilanteeseen tulla muutoksia. Tietojen tulee olla yhtenäiset kaikissa eri järjestelmissä ja niiden täytyy olla ajan tasalla. Tuoterakenteiden tulee olla täydelliset ja tarkat aina materiaalitasolle asti. Kun rakenteisiin tulee muutoksia tai päivityksiä, tieto pitää saada siirtymään kaikkiin käytössä oleviin järjestelmiin. Työssä esitetyistä rakenteiden vakioinnit kannattaa toteuttaa ennen työjono-ohjauksen käyttöönottoa.

Työjono-ohjauksesta saatavia hyötyjä on vaikea mitata puhtaasti rahassa, mutta on selvää, että sillä on vaikutusta tuotannon tehostumisen kautta myös kustannusten muodostumiseen. Työjono-ohjauksen tarkoituksena on saada tilaukset tuotantoon mahdollisimman nopeasti. Työt käynnistettäisiin tilauksen saavuttua tuotannonohjaukseen tulostamalla työjonoraportit. Tuotannonohjaaja tulostaisi ERP:stä raportit tilatuista tuotteista toimitusaikojen mukaisella aikavälillä tai vain tietyistä tilauksista tapauskohtaisesti. Kun puhaltimen rakenne on valmiina ERP:ssä, ei tilauksen tarvitse välttämättä käydä suunnittelussa ollenkaan ja aikaa säästyy tapauksesta riippuen jopa useita päiviä.

Ajallisten säästöjen ansiosta tuotteen valmistukseen jää enemmän aikaa ja inhimillisten virheiden mahdollisuus vähenee kun työt voidaan tehdä rauhassa ja ajallaan. Säästetyllä ajalla on merkitystä myös suunnittelulle, jolle jää näin enemmän aikaa suunnittelua vaativille tuotteille ja mahdollisesti myös yleiselle tuotteiden kehitystyölle. Rakenteiden vakiointi on myös osaltaan vaikuttamassa suunnitteluresurssien uudenaikaisessa hyödyntämisessä ja ajanhallinnassa.

### 7.4 Muutosten hallinta

Uusien muutosten suunnittelu alkaa aina nykytilanteen perusteellisella analyysillä. Vain sitä kautta voidaan saada todellinen tieto muutosten tarpeesta. Nykytilanteen analysoinnin jälkeen mietitään mihin muutokseen on syytä ryhtyä ja miten muutokset on järkevää toteuttaa. Opinnäytetyössä esitetyt muutosehdotukset on mahdollista toteuttaa ilman laite- tai ohjelmistohankintoja. On kuitenkin olemassa järjestelmiä, jotka voivat helpottaa muutosten hallintaa.

Eräs ratkaisu muutosten mahdollistamiseen ja hallintaan voisi olla tuotetiedon hallinta järjestelmä, eli PDM-järjestelmä. Sen avulla rakenteiden ja osien tietojen ylläpito ja päivittäminen järjestelmien välillä onnistuisi helpommin. Kun jonkin järjestelmän tietoon tehdään muutos, se päivittyy PDM-järjestelmän avulla kaikkiin järjestelmiin yhden muutoksen kautta, eikä tarvitse muistaa jokaisen järjestelmän erillistä päivitystä. PDM-järjestelmän avulla tietojen yhtenevyys eri järjestelmien välillä on helpompaa ja tiedot pysyvät ajan tasalla. Kun tuotetietoihin tehdään muutos, PDM-järjestelmä päivittää tiedon kaikkiin siihen integroituihin järjestelmiin, joita tyypillisesti ovat ERP-järjestelmä ja CAD-järjestelmä.

PDM-järjestelmän hankkiminen ei ole kuitenkaan muutostenhallinnan tai tuotetiedonhallinnan ensimmäinen askel. PDM-järjestelmän hankkiminen vaatii tarkan harkinnan lisäksi paljon pohjatöitä tuotetietojen ja -rakenteiden parissa. Se on yritykselle arvokas investointi ja sen edut ja haitat tulee selvittää perusteellisesti ennen sen hankkimista.

Mikäli todetaan, että PDM-järjestelmää ei ole tarpeellista hankkia, tulee tietojen ylläpitoon kuitenkin kehittää jokin menetelmä. Kaikille tulee olla selvillä kuka tekee muutoksia mihinkin järjestelmään. Yrityksessä täytyy olla selkeät toimintaohjeet muutosten varalle. On tärkeää, että päivitys tehdään kaikkiin järjestelmiin heti sen tultua voimaan. Jos johonkin kuvaan tehdään päivitys, mutta sitä ei heti muisteta päivittää toiminnanohjausjärjestelmän rakenteelle, voi valmistukseen mennä väärää tietoa. Väärän tuotteen valmistamisesta aiheutuu paljon turhia kustannuksia, vaikka virhe huomattaisiinkin ennen tuotteen lähettämistä asiakkaalle, puhumattakaan kustannuksista, jotka voivat aiheutua virheen tullessa ilmi vasta tuotteen ollessa asiakkaalla.

## 8 BYORDER

Byorder kuuluu Bystronicin Bysoft-laserohjelmistoon ja sen tarkoitus on helpottaa leikattavien osien tiedon siirtämistä eri ohjelmien välillä ja leikattavien tilausten käsittelyä. Ohjelmaan liittyy myös automaattinen kappaleiden levyille sijoittelu. Ohjelma toimii yhteistyössä muiden Bysoft-ohjelmistoon kuuluvien ohjelmien kanssa.

Koja Oy:öön Byorder hankittiin vuonna 2004, jolloin siitä järjestettiin esittely muutamille avainhenkilöille. Käyttöönotto jäi kuitenkin kesken, sillä huomattiin ohjelmistosta saatavien hyötyjen olevan sen hetkiseen tilanteeseen nähden liian pienet ja muutostarpeet ohjelman käyttöönottoa varten suhteessa hyötyyn liian suuret. Opinnäytetyössä mietittäviä kehitysideoita ajatellen päätettiin kuitenkin tutustua ohjelman käyttöönottomahdollisuuksiin uudelleen.

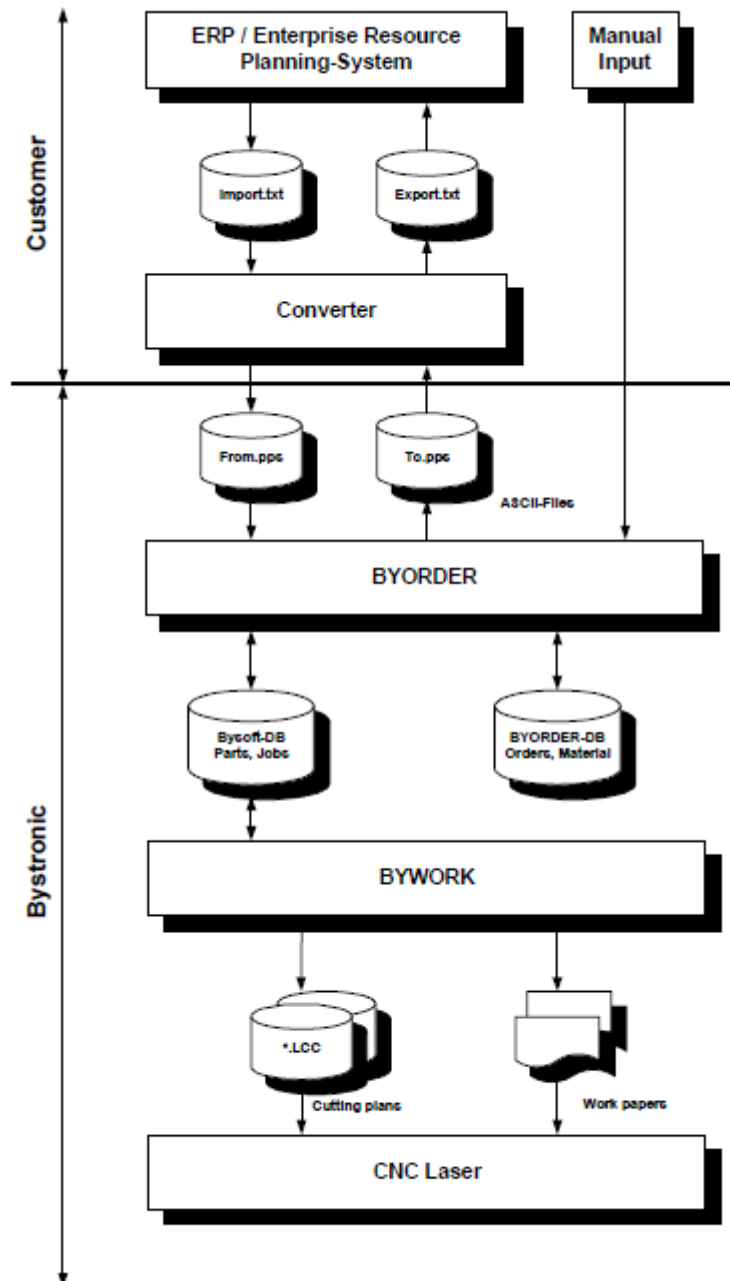
### 8.1 Ohjelman käyttäminen

Byorder-ohjelmistoon syötetään leikattavien levyjen tiedot tekstitiedostona, jonka ohjelma muuttaa haluamaansa pps-tiedostomuotoon. Tiedot ajetaan ohjelmaan, jossa niille muodostetaan tilaus. Tämän jälkeen tietojen perusteella leikattavaksi tulleet osat ladataan levyille sijoiteltavaksi. Ohjelma sijoittelee kappaleet automaattisesti halutuille levyille ja siirtää ne suoraan Bywork-ohjelmaan, josta ne voi lähettää leikattavaksi laserille. Tiedonsiirtoa ohjelmien välillä on havainnollistettu myös kuvion 4 prosessikaaviossa.

Kuviosta 4 nähdään tiedon siirtyminen Byorderia käyttämällä eri järjestelmien ja ohjelmistojen välillä. Kuviossa on havainnollistettu järjestelmiä ja ohjelmistoja suorakulmaisella laatikolla ja tiedostoja pienillä lieriöillä. Kuvan vasemmassa sivussa on kahdella janalla esitetty asiakkaan ja Bystronicin vastuu alueet. Tässä kuviossa asiakkaalla tarkoitetaan Bystronicin asiakasta eli opinnäytetyössä Koja Oy:tä. Kuviossa asiakkaalle kuuluu ERP:n ja konvertterin hankkiminen. Konvertterina toimii PowerPoint, jolla tekstitiedostot muutetaan pps-tiedostoiksi eli PowerPoint-esitykseksi.



Seuraavaksi pps-tiedosto siirretään Byorderiin, jossa tiedostosta saadaan tehtyä työt Byworkille lähetettäväksi. Työ pitää sisällään tiedostossa annetut tilauksen tiedot ja tilattujen osien kappaleille sijoittelun. Byworkillä tiedostot muutetaan lopulliseen muotoonsa LCC-tiedostoksi, joka lähetetään laserille leikattavien töiden jonoon. Tämän jälkeen tiedostoja ei enää voida muokata, vaan osat leikataan tilauksen mukaisesti, ellei ohjelmaa keskeytetä.

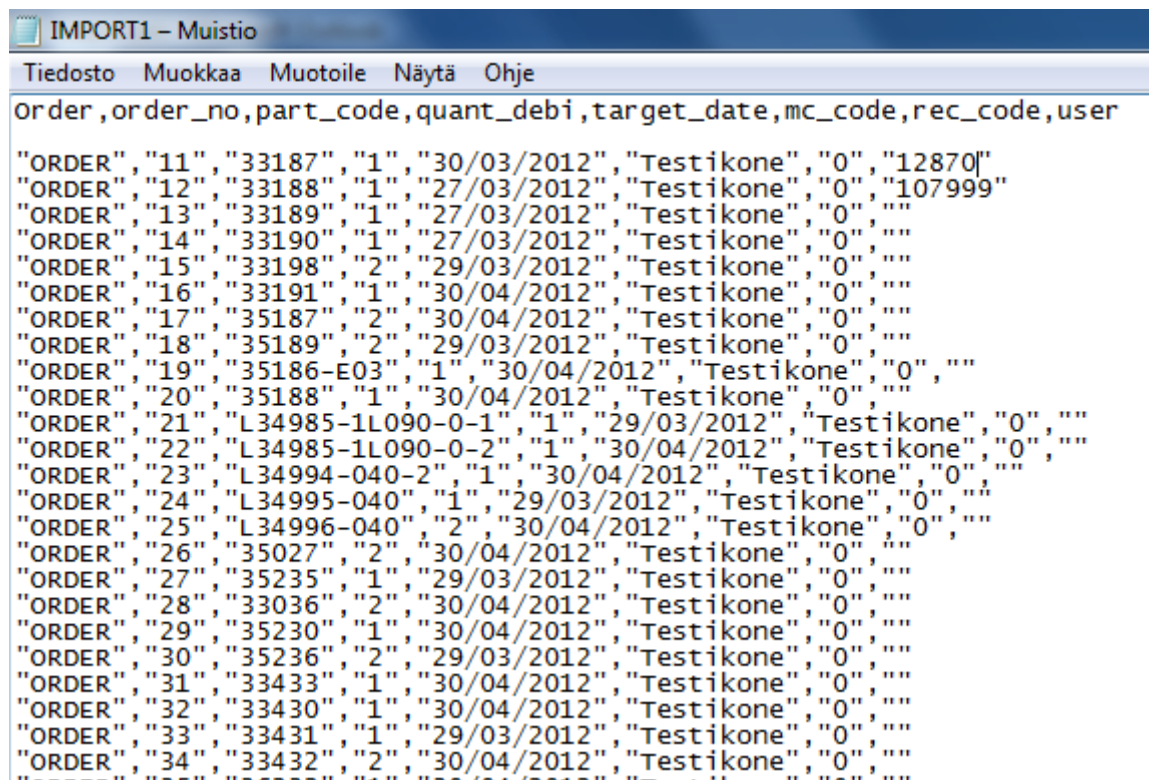


KUVIO 4. Byorder, tiedonsiirto (Bystronic 2004, 2.)

Kuviossa 4 on tiedon siirtoa myös alhaalta ylöspäin eli vastakkaiseen suuntaan tilauksen etenemisen kanssa. Tämä ei kuitenkaan ole oleellista, eikä tiedonsiirrolla ole merkitystä toiminnanohjauksen kannalta.

## 8.2. Ongelmat ja mahdollisuudet

Tiedon siirtoa varten on ajettava ensin toiminnanohjausjärjestelmästä kaikki sieltä saatavat tiedot. Sen jälkeen tiedostoon täytyy lisätä joka kerta erikseen muut tiedot, juokseva numerointi ja vakiotiedot. Tiedosto ja sen asettelu on havainnollistettu kuviossa 5. Tiedostossa tarvitaan jokaisesta leikattavasta osasta sen kuvanumero ja kuinka monta kappaletta kyseistä osaa halutaan valmistaa. Muita tietoja ovat tilaus, juokseva numerointi, päivämäärätieto, jossa voidaan kertoa joko puhaltimen toimituspäivä tai päivä, jolloin osan tulee olla leikattu, sekä tieto koneesta, jolle tilaus lähetetään. Tässä esimerkissä koneena on testikone, mutta oikeasti kyseisessä kohdassa lukisi esimerkiksi laser.



```

IMPORT1 - Muistio
Tiedosto Muokkaa Muotoile Näytä Ohje
Order , order_no , part_code , quant_debi , target_date , mc_code , rec_code , user
"ORDER", "11", "33187", "1", "30/03/2012", "Testikone", "0", "12870"
"ORDER", "12", "33188", "1", "27/03/2012", "Testikone", "0", "107999"
"ORDER", "13", "33189", "1", "27/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "14", "33190", "1", "27/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "15", "33198", "2", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "16", "33191", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "17", "35187", "2", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "18", "35189", "2", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "19", "35186-E03", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "20", "35188", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "21", "L34985-1L090-0-1", "1", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "22", "L34985-1L090-0-2", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "23", "L34994-040-2", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "24", "L34995-040", "1", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "25", "L34996-040", "2", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "26", "35027", "2", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "27", "35235", "1", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "28", "33036", "2", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "29", "35230", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "30", "35236", "2", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "31", "33433", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "32", "33430", "1", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "33", "33431", "1", "29/03/2012", "Testikone", "0", ""
"ORDER", "34", "33432", "2", "30/04/2012", "Testikone", "0", ""

```

KUVIO 5. Byorder-tekstitiedosto

Kun tiedot on ajettu ohjelmaan, Byorder hakee vanhoista tietokannoista kuvanumeroa vastaavan osan. Tässä on kuitenkin huomioitava seuraavat asiat. Ensinnäkin kuvanumeron täytyy olla täysin sama kuin Byworkiin tallennetun osan. Tällä hetkellä kaikki ku-

vanumerot eivät täsmää Byworkin ja muiden ohjelmien välillä, sillä joihinkin osiin on täytynyt osan jakamisen tai kääntämisen takia tehdä Byworkiin oma versio kuvanumerosta. Toinen huomioitava seikka on se, että osan materiaalitieto tulee osan kuvan mukana Byworkista. Täytyy siis muistaa tarkistaa, että kaikilla osilla on haluttu materiaali ennen niiden lähetystä levyille sijoiteltavaksi. Jos materiaali tieto jää vääräksi, osa ei siirry ollenkaan levyille sijoiteltavaksi.

Byorderin eräs ominaisuus on kappaleiden automaattinen levyille sijoittelu. Tätä ei kuitenkaan voi käyttää, sillä ohjelma ei osaa huomioida kaikkia osien leikkauksen kannalta oleellisia seikkoja. Se ei osaa laittaa tiettyjä osia samoin päin, eikä tiedä, että tietyn kokoisia paloja ei voi sijoitella aivan levyn reunaan laserin leikkausteknisten syiden takia. Automaattinen osien sijoittelu on eräs ohjelman ominaisuus, jonka olisi tarkoitus helpottaa työntekoa, mutta koska sitä ei voida hyödyntää, jäävät myös edut saavuttamatta.

Ennen ohjelman käyttöä tulee miettiä miten osien tiedot voidaan helposti muuttaa toiminnanohjausjärjestelmän tiedostomuodosta oikeanlaiseen tekstitiedostomuotoon. Tietojen siirto ERP:stä onnistuu niiden tietojen osalta, jotka löytyvät järjestelmästä, muut tiedot tulee lisätä tiedostoon jälkepäin. Jälkikäteen lisättäviä tietoja ovat ”order” ja juokseva numerointi. Kuvanumeroiden on myös täsmättävä täydellisesti Byworkin kanssa. Mikäli kuvanumerot yhtenäistetään, voidaan Byorderia hyödyntää. Kuvanumeroinnin suhteen tulee kuitenkin huomioida niiden osien numerointi, joita muissa järjestelmissä ei ole. Tällä tarkoitetaan niitä osia, jotka levykokojen takia joudutaan leikkaamaan useammassa osassa, tai osat, jotka leikataan muodossa, joka vastaa piirustuksen peilikuvaa.

Työjono-ohjausta voidaan hyödyntää Byorderin kanssa ajamalla työjonoreportit Byorderin vaatimassa muodossa. Työjonojen suhteen tulee kuitenkin huomioida sama asia kuin muutenkin, eli raportille saadaan vain ne tiedot, jotka löytyvät ERP:stä. Koska automaattista kappaleiden sijoittelua ei voida käyttää, Byorderista saatavat hyödyt työjono-ohjaukseen jäävät melko pieniksi. Jos verrataan työjono-ohjauksen käyttämistä Byorderilla ja ilman, voidaan todeta, että tiedon siirto on nopeampaa Byorderin avulla, erityisesti jos leikattavia osia on paljon kerralla. Tällöin tulee kuitenkin mietittäväksi osien puhallinkohtainen lajittelu leikkauksen jälkeen. Työjono-ohjauksessa raportissa on selvästi merkittynä mihin puhaltimeen kyseinen osa kuuluu, mutta Byorderin siirtotiedos-

toon sitä ei voida lisätä. Byorderia käytettäessä kuluu lisäksi aikaa tietojen tarkistamiseen ja muuttamiseen, mikäli materiaali ei ole samaa kuin osaan alun perin tallennettu.

Voidaan todeta, että Byorderista saatavat hyödyt eivät ole niin suuret, että sitä kannattaisi ruveta käyttämään jokapäiväisessä valmistuksessa. Byorderin käyttöönotto vaatii tietojen yhtenäistämisen ERP:n ja Byworkin välillä, vakioidummat rakenteet ja paljon tarkkavaisuutta. Mikäli se otettaisiin käyttöön, tulisi myös miettiä esimerkiksi kuvanumeroiden merkitsemistä osiin laserleikkauksen yhteydessä, että osat olisi suurten tilausten kohdalla nopeammin tunnistettavissa. Byorder sopii paremmin tuotantoon, jossa valmistetaan paljon yksinkertaisia vakiomateriaalista valmistettavia osia. Näiden suhteen voitaisiin hyödyntää myös automaattista kappaleiden levyille sijoittelua, jolloin kaikki ohjelman ominaisuudet saataisiin hyötykäyttöön.

## 9 TOIMINNANOHJAUS

### 9.1 Toiminnanohjaus Koja Oy:ssä

Opinnäytetyössä käsitellään toiminnanohjausta tilauksen saapumisesta siihen kun tilaus menee laserille leikattavaksi. Toiminnanohjauksen oleellisena osana on toiminnanohjausjärjestelmä, jonka avulla hallitaan yrityksen eri toimintoja. Koja Oy:ssä on käytössä Visma Softwaren toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) L7, joka on räätälöity vastaamaan yrityksen liiketoiminnan tarpeita. Tässä kappaleessa käsitellään yrityksen toiminnanohjausta ja tilauksen etenemistä juuri ERP:n avulla.

Kun tilaus saapuu myynnistä, siinä on tiedot asiakkaan toiveiden mukaan mitoitusohjelmalla mitoitetusta puhaltimesta. Tietojen perusteella avataan toiminnanohjausjärjestelmään tilaus ja tilausnumero tilatulle tuotteelle. Myyjälle lähetetään tilausvahvistus, joka toimitetaan asiakkaalle.

Myyntitilauksen tietojen perusteella määritellään valmistettava tuote toiminnanohjausjärjestelmän tuotekonfiguraattorilla. Tuotekonfiguraattoriin syötetään tilauksesta seuraavat tiedot: materiaali, puhaltimen sovite, siipipyörän koko, paineluokka ja tilattujen puhallinten määrä. Tietojen perusteella valitaan listalta oikeat moduulit.

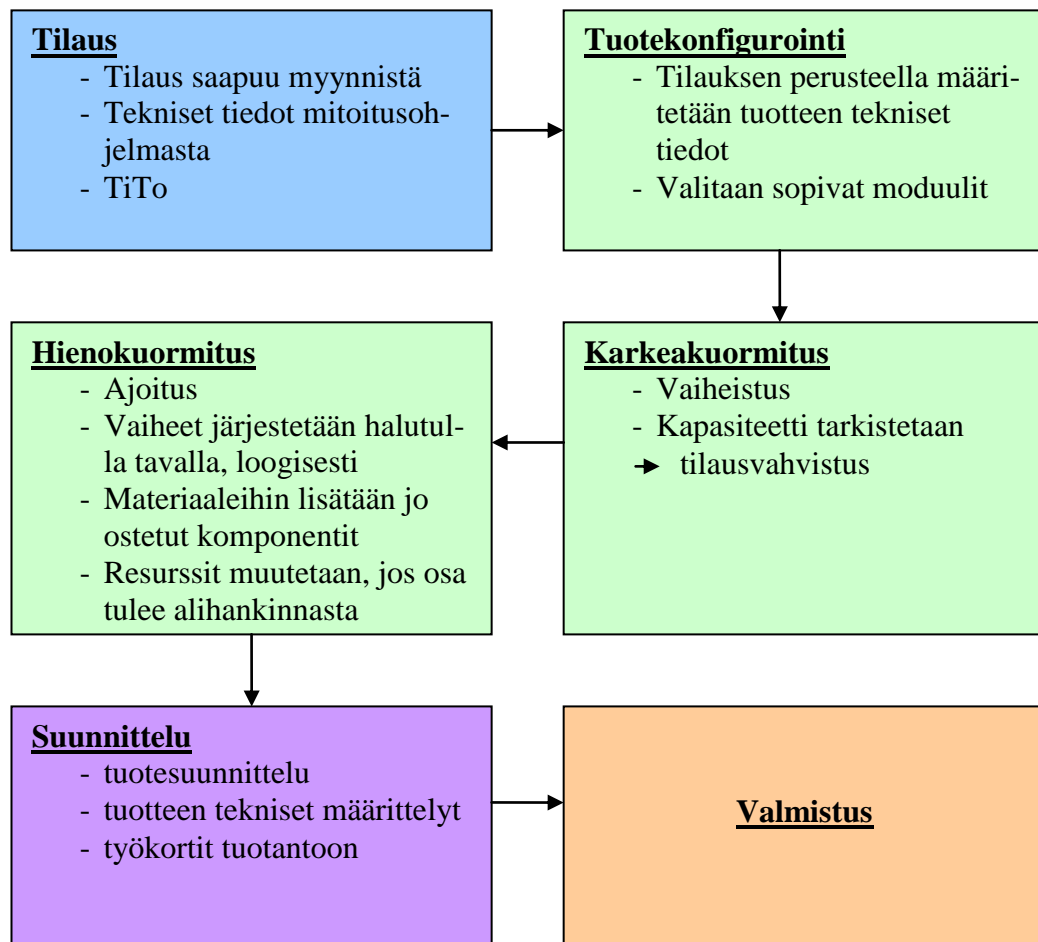
Seuraava vaihe on karkeakuormitus. Siinä työlle tehdään vaiheistus ja kuormitetaan eri resurssit kapasiteettien ja toimitusajan perusteella. Tässä vaiheessa tehty kuormitus on alustava ja puhtaasti toimitusajan perusteella tehty. Toimitusaikojen perusteella tehdessä kuormituksessa katsotaan, ettei tuotannon eri resursseille tule niiden kapasiteettia enempää kuormitusta, muuten joidenkin tilausten valmistusaikoja tulee muuttaa.

Tämän jälkeen hienokuormituksessa ajoitetaan vaiheet halutulla tavalla huomioiden edelleen kapasiteetit ja toimitusaika. Tässä vaiheessa työn materiaaleihin lisätään tilauksen perusteella tilatut osat, kuten moottori. Tieto lisätään myös oikean resurssin tietoihin, jotta se näkyisi myöhemmin kyseisen vaiheen työkortilla, esimerkiksi moottori lisätään kokoonpanon resurssille. Tässä vaiheessa voidaan vielä uusien ostojen tai muuttuneen tilauskannan perusteella muokata tuotteen valmistusvaiheiden ajankohtia jos se koetaan tarpeelliseksi.

Tämän jälkeen työ siirtyy suunnitteluun. Suunnittelijan työhön kuuluu tuotteen rakenteen suunnittelun tai päivityksen lisäksi tarkastaa, että tilauksessa on oikeat osat, ja lisätä tai muuttaa niitä tarvittaessa. Osa ostoista vapautuu suunnittelun kautta. Suunnittelija ilmoittaa tuotannonohjaajalle, mitä komponentteja tuotteelle on lisätty, jotta tuotannonohjaaja osaa tilata ne. Tällaisia ovat esimerkiksi kytkin, jonka tekninen mitoitus tehdään tuotesuunnittelun yhteydessä. Kun mitoitus on tehty, suunnittelija vapauttaa kyseisen komponentin tuotannonohjaukselle ostettavaksi. Nämä tiedot tulevat myös eri resurssien työkorteille, jotka suunnittelija tulostaa ja toimittaa tuotantoon. Tuotteen valmistus aloitetaan suunnittelun jälkeen.

Tuotannonohjaaja päivittää tilausta suunnittelijalta saamiensa tietojen perusteella. Tuotannonohjausosiosta toiminnanohjausjärjestelmästä voidaan seurata eri resurssien kuormia. Tuotannonohjaaja seuraa tuotannon tilannetta ja voi tarvittaessa muuttaa resurssien työjonoja jos tulee esimerkiksi toimitusaikamuutoksia tai kiireellisempiä töitä. Tätä tehtävää hoitaa tuotannon puolella myös työnjohtaja.

Kuviossa 6 on esitetty Koja Oy:n tämän hetkistä toimintaa kuvaava prosessikaavio. Prosessikaaviossa on esitetty tilanne siltä osin, mitä opinnäytetyössä tarkastellaan. Kaavio alkaa siitä kun tilaus saapuu tuotannonohjaukseen myynnistä ja päättyy valmistuksen alkuun, tässä tapauksessa laserleikkaukseen. Kaavion laatikoiden värit on valittu havainnollistamaan missä osastossa toiminnot tapahtuvat, sininen tarkoittaa myyntiä, vihreä tuotannonohjausta ja violetti suunnittelua.



KUVIO 6. Prosessikaavio, tuotannonohjauksen nykytilanne

Kuviosta 6 nähdään tilauksen eteneminen ja mitä vaiheita se käy läpi ennen valmistuksen alkamista. Kaaviosta voidaan havaita, että tilaukselle tehdään ostoja monessa eri vaiheessa, sillä suunnittelussa tehtävien teknisten määrittelyjen jälkeen voidaan vasta ostaa, esim. kytkin. Kaaviosta nähdään, että tuotanto käynnistetään suunnittelusta, eikä tuotannonohjauksesta. Huomioitavaa on myös suunnittelun paikka ja tehtävät. On havaittu, että juuri suunnitteluksi nimettyyn vaiheeseen kuluu eniten aikaa, eli se on prosessin pullonkaula. On mietittävä mitä asioita on tehtävä toisin tämän asian muuttamiseksi.

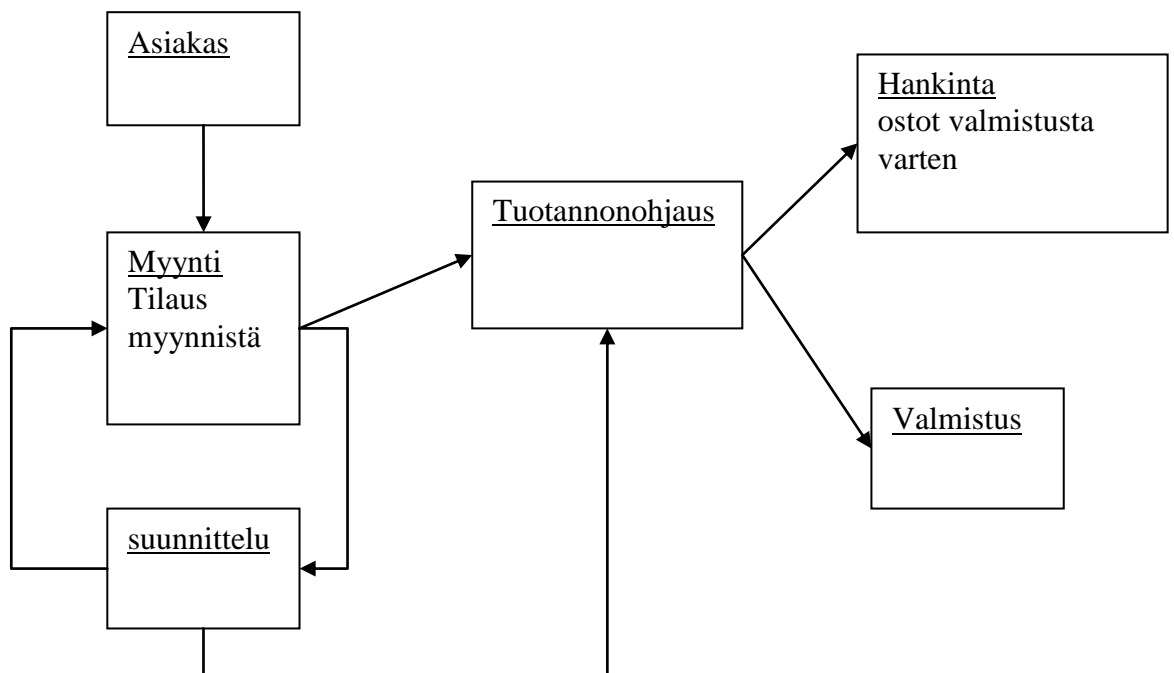
## 9.2 Toiminnanohjauksen kehittäminen

Toiminnanohjauksessa havaittuja kehityskohtia ovat ajankäyttö ja tuotannon käynnistäminen. On havaittu, että tilauksen käsittelyyn ennen valmistusta kuluu liikaa aikaa, jolloin valmistuksella tulee kiire saada tuote valmiiksi toimituspäivään mennessä. Kiire

lisää aina virheiden mahdollisuutta, joten muutosten löytäminen on osoittautunut tarpeelliseksi.

Kappaleessa 9.1 käsiteltiin Koja Oy:n nykytilannetta. On havaittu, että eniten aikaa kuluu suunnitteluun ja siksi on mietitty ratkaisuja sen nopeuttamiseen. Työjono-ohjaus voisi olla ratkaisu tuotannon nopeampaan käynnistämiseen. Työjono-ohjaus kuitenkin edellyttää rakenteiden ja tietojen yhtenäistämistä. Koko tuotannosuunnitteluprosessi vaatii myös pientä päivitystä näiden muutosten mahdollistamiseksi.

Kuviossa 7 on esitetty kehitetty tuotannosuunnittelun prosessikaavio tulevaisuuden esimerkkitalanteeseen. Suurimmat muutoksen tuotannosuunnitteluprosessiin on tehty suunnittelun suhteen. Kuten kaaviosta voidaan havaita, on sen paikka siirretty tuotannonohjauksen toiselle puolelle. Nykytilanteen mukaisessa prosessikaaviossa suunnittelun paikka oli tuotannonohjauksen ja valmistuksen välissä.



KUVIO 7. Prosessikaavio, esimerkkitalanne

Kuvion 7 mukaisessa tuotannosuunnitteluprosessissa asiakkaalta saapuu tilaus myyntiin, missä määritettäisiin mitoitusohjelmaa käyttäen vakiomallin puhallin, joka sopii asiakkaan tarpeisiin. Tämän jälkeen tilaus lähetetään tuotannonohjaukseen, josta tuotanto ja hankinnat käynnistetään. Jos mikään vakiomallisista puhaltimista ei sovi asiakkaan



vaatimuksiin, myynti ja suunnittelu etsivät yhteistyössä asiakkaan kanssa tilanteeseen sopivan puhallinratkaisun. Tämän jälkeen prosessi jatkuu samalla tavalla kuin vakiopuhaltimissa.

Eräs kehitysidea on tuotekonfiguraattorin käyttöönotto jo tuotteen myyntivaiheessa. Kun uudet vakioidut rakenteet puhaltimista on päivitetty käytössä oleviin järjestelmiin, myynnissä voitaisiin myös käyttää tuotekonfiguraattoria, jolloin asiakas saisi heti tarkat tiedot tilaamastaan tuotteesta. Jos konfiguraattorilla ei saataisi asiakkaan tarpeita vastaavaa tuotetta, myynti antaisi tiedot suunnitteluun.

Kun suunnitteluvaihe on ennen tuotannonohjausta, saadaan tuotannonohjauksessa tehtyä kaikki hankinnat kerralla. Tuotannonohjauksen on näin myös helpompi suunnitella ja aikatauluttaa tuotannon eri vaiheet kun alusta asti tiedetään kaikkien nimikkeiden toimituksesta. Kaikkien resurssien kuormitukset ovat tasaisemmat ja helpommin suunniteltavissa. Työt voidaan jakaa ajallisesti tasaisemmin ilman ruuhkia, josta seuraa myös koneiden käyttöasteen ja toimitusketjun läpäisyajan paranemista, sekä koko prosessin tehostumista.

## 10 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

Ensimmäinen askel opinnäytetyössä oli nykyrakenteiden tarkastelu. Sen perusteella pohdittiin, miten puhaltimien rakenteiden muutoksilla voitaisiin vaikuttaa tuotannon tehostamiseen ja valmistuksen nopeampaan käynnistämiseen. Todettiin, että rakenteiden vakioinnilla voidaan vähentää ja jopa poistaa suunnittelun tarve. Näin tilauksen saavuttua olisi mahdollista käynnistää työt ilman suunnitteluun kuluva aikaa suoraan tuotannonohjauksesta. Rakenteiden vakiointiehdotukset on esitetty kappaleessa 5.3. Rakenteiden vakioinnilla pystytään helpottamaan työtä niin tuotannonohjauksessa, suunnittelussa kuin valmistuksessakin.

Nykytilanteen analyysissä havaittiin rakenteisiin liittyen muutamia muitakin kehitystarpeita. Rakenteiden vakioinnin lisäksi mietittiin esimerkkipuhaltimien kohdalla joidenkin materiaalien yhdistämistä. Näin saatiin pienennettyä kustannuksia materiaali- ja hukkakustannusten kautta. Muutokset selkeyttävät myös tuotantoa laserleikkauksen ja sen jälkeistenkin valmistusvaiheiden suhteen. Kaikille puhaltimien osille tehtiin ABC-analyysi, jonka perusteella todettiin, että joitain osia kannattaa valmistaa muutamia kappaleita valmiiksi hyllyyn, eikä vasta tilauksen tultua. Nämä osat olivat C-luokan osia. Suurin osa kuitenkin oli A-luokkaa, eli tilaukselle valmistettavia. Rakennemuutoksien perusteella tehtiin kustannustarkastelu, jonka tulokset on esitetty kappaleessa 6.3. Kustannustarkastelu tehtiin esimerkkipuhaltimista, mutta tuloksia on mahdollista soveltaa muihinkin puhaltimiin.

Jotta tilauksen saavuttua olisi mahdollista käynnistää puhaltimien tuotanto suoraan tuotannonohjauksesta, tulee toiminnanohjausjärjestelmässä olla puhaltimien yksityiskohtaiset rakenteet. Kun rakenteet ovat selvillä, voidaan tilauksen saavuttua tulostaa toiminnanohjausjärjestelmästä tilattujen puhallinten rakenteet työjonoina halutulta aikaväliltä tai halutuilta tilauksilta ja valmistus voi alkaa. Esimerkkipuhaltimista tehtiin tarkat rakenteet toiminnanohjausjärjestelmään ja rakenteista tulostettiin erilaisia työjonoraportteja laserleikkausta varten. Työjono-ohjauksen edellytyksenä ovat kuitenkin rakennemuutokset, jotka työssä on esitetty, sekä rakenteiden luominen toiminnanohjausjärjestelmään. Kun nämä seikat ovat kunnossa, työjono-ohjauksella voidaan mahdollistaa tilausten käynnistäminen suoraan tuotannonohjauksesta.

Työjonoraporttien ulkoasusta tehtiin muutamia erilaisia versioita, jotka on esitetty liitteissä 1 ja 2. Opinnäytetyö rajoittuu laserleikkaukseen, joten ulkoasu on suunniteltu erityisesti laserleikkauksen tarpeet huomioivaksi. Ulkoasua on kuitenkin mahdollista muuttaa helposti tilanteen niin vaatiessa. Mikäli työjono-ohjaus otetaan käyttöön muissakin valmistussoluissa, voidaan jokaista solua varten tehdä juuri sellaisia raportteja kuin tarve vaatii.

Työjono-ohjauksen kehittämisen yhteydessä tutkittiin myös mahdollisuutta Byorder-ohjelman hyödyntämisestä suunnitellussa työjono-ohjauksessa. Todettiin, että käyttöönotto on mahdollista, mikäli kuvien nimeäminen saadaan yhtenäiseksi kaikkiin eri järjestelmiin. Tässäkin tapauksessa ohjelman käyttäminen vaatii paljon tarkkuutta erilaisten ominaisuuksiensa vuoksi, eikä siitä saada tarpeeksi hyötyjä suhteessa toimenpiteisiin, joita sen käyttöönotto ja käyttäminen vaatisi.

On todettu, että tilauksen saavuttua kuluu liikaa aikaa ennen varsinaisen valmistuksen alkamista. Tutkittaessa prosesseja ennen valmistuksen alkamista todettiin, että suunnittelu on prosessin pullonkaula. Edellä esitetyillä muutoksilla voidaan vaikuttaa suunnittelun työmäärän vähentämisen kautta tilanteen parantamiseen. Havaittiin myös, että suunnittelun paikalla tilaus-toimitusprosessissa ja eri osastojen tehtäviä tarkentamalla voidaan selkeyttää ja mahdollisesti nopeuttaa prosessia. Tällä hetkellä suunnittelun paikka on vasta tuotannonohjauksen jälkeen ja tuotanto käynnistetään suunnittelusta, eikä tuotannonohjauksesta niin kuin tavallisesti. Myös tilaukselle tehtävien hankintojen ajankohdat ja paikat vaihtelevat. Osa tilauksille tehtävien hankintojen impulsseista tulee vasta suunnitteluvaiheessa. Tämä on yksi syy siihen miksi suunnittelun olisi hyvä olla heti myynnin jälkeen, ennen tuotannonohjausta. Uudenlainen prosessikaavio on esitetty kuviossa 7.

Uuden prosessikaavion suhteen on mietittävä joidenkin tehtävien muuttuneita järjestyksiä. Tuotekonfigurointi vakioiduilla rakenteilla tulee olla tiedossa jo myynnissä, jotta sieltä tulisi impulssi mahdollisesta suunnittelun tarpeesta. Kun myynti on selvittänyt asiakkaan tarpeiden perusteella yhteistyössä suunnittelun kanssa tarvitaanko suunnittelua vai ei, tilaus siirtyisi tuotannonohjaukseen, josta käynnistettäisiin hankinnat ja tuotteiden valmistus.

Opinnäytetyön aikana tuli ilmi muitakin kehitysideoita. Rakenteiden vakioinnin yhteydessä havaittiin, että työohjeet pitää myös vakioida. Myös työohjeiden paikka tulee miettiä uudelleen. Tällä hetkellä työohjeet ovat piirustuksessa, mutta tulevaisuudessa ne voitaisiin laittaa vaikka yrityksen intranettiin. Siellä niiden päivittäminen olisi helpompaa, koska kaikki ohjeet löytyisivät samasta paikasta ja ne olisivat kaikkien saatavilla.

Toinen työssä esiin tullut idea oli tunnisteiden merkitseminen laserleikkauksen yhteydessä puhaltimien osiin. Tunnisteena voisi toimia osan kuvanumero tai tilausnumero. Merkitseminen tapahtuisi laserleikkauksen yhteydessä polttamalla tunniste osaan leikkaustehoa matalammalla teholla. Tämä helpottaisi osien tunnistamista erityisesti sellaisissa tapauksissa, jossa samaan aikaan on leikattavana monta lähes samankokoista puhallinta. Tunnisteiden merkitseminen jokaiseen osaan helpottaa myös osien jäljitettävyyttä, mikäli siihen ilmenee myöhemmin tarvetta. Laserleikkaukselle tämä ei ole välttämätön toimenpide osien tunnistamisen kannalta, mutta siitä ei myöskään aiheudu suurta lisätyötä. Muiden solujen tarpeet tulee kuitenkin ensin selvittää.

## 11 TULEVAISUUDEN HAASTEET

Ensimmäinen askel tuotannosuunnittelun muutoksissa on ehdottomasti rakenteet. Aluksi on toteutettava rakenteiden vakiointi ja muut suunnitellut muutokset, ja sen jälkeen vakioitujen rakenteiden vieminen kaikkiin järjestelmiin. Kun rakenteita viedään eri järjestelmiin, on sovittava rakenteiden nimeämisestä. Muutosten toteuttamisen kannalta on tärkeää, että nimikkeiden nimeäminen on sama kaikissa tuotannon eri järjestelmissä. Kun nimeäminen on kunnossa, voidaan toteuttaa muutokset ja varmistaa tuotannon kehittämismahdollisuudet tulevaisuudessakin. Nimeämisten yhtäläisyys helpottaa ja selkeyttää toimintaa kaikilta osin, kun tuotannon jokaisessa vaiheessa puhutaan samaa kieltä. Nimikkeiden nimeämisessä on otettava huomioon kaikkien järjestelmien vaatimukset. Nimien tulee olla selkeät ja pituudeltaan sellaiset, että ne sopivat käytettäviksi jokaisessa järjestelmässä.

Työssä esiteltiin myös PDM-järjestelmän mahdollista käyttöönottoa. Suurin työ kuitenkin on saada vakioinnit ja nykyrakenteet kuntoon, ja se on tehtävä joka tapauksessa. Tämän jälkeen voidaan pohtia onko PDM-järjestelmä tarpeellista hankkia. PDM-järjestelmän avulla kaikki tuotetieto saadaan keskitetysti yhteen järjestelmään eikä tieto ole hajautetusti useissa järjestelmissä tai muistin varassa. Tuotetietojen päivittäminen ja ylläpito PDM-järjestelmän avulla on helpompaa, sillä järjestelmä hoitaa tietojen päivittämisen eri järjestelmien välillä kun muutos yhteen järjestelmään on tehty. Kun rakenteisiin jatkossa tulee revisio- tai versiopäivityksiä, tai kun uusia tuotteita tai osia suunnitellaan, saadaan tieto siirtymään helposti kaikkiin järjestelmiin. Kyse on kuitenkin isosta investoinnista ja tarpeet on selvitettävä tarkasti ennen hankintojen tekemistä. Muutosten hallinta on mahdollista myös ilman PDM-järjestelmää, silloin täytyy olla selkeät säännöt päivitysten tekemisestä, eikä niitä voi missään tilanteessa laiminlyödä.

Nimikkeiden yhtenevyys kaikissa järjestelmissä on edellytys myös työjono-ohjaukselle. Kun rakenteet on viety kaikkiin järjestelmiin, voidaan työjono-ohjaus ottaa käyttöön. Työjono-ohjauksessa tuotanto käynnistetään tilauksen saavuttua tuotannonohjausjärjestelmästä tulostettavilla työjonoraporteilla. Tässä prosessissa suunnittelun paikka tulee siis olla ennen tuotannonohjausta, heti myynnin jälkeen. Uudenlainen prosessikaavio, jota voitaisiin käyttää työjono-ohjatussa tuotannossa, on esitetty kuviossa 7. Työjono-ohjaus voidaan toteuttaa vanhan prosessin mukaan, mutta samassa yhteydessä muiden

muutosten kanssa on sekin syytä päivittää. Opinnäytetyössä esitetyt tuotannonohjaukseen ja tilaus-toimitus-prosessiin liittyvät kehitysehdotukset, jotka löytyvät kappaleesta 9.2 kuitenkin selkeyttävät ja tehostavat toimintaa.

## LÄHTEET

Bystronic Development Software & Systems. 2004. Byorder Brief Description V 6.5.

Haverila, M., Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

Hemilä, J., Häkkinen K. & Pötry, J. 2009. Tuotannonohjaus ja tietojärjestelmät: kokemuksia sekä kehittämisperiaatteita. Prologi-hankkeen loppuraportti. VTT. Luettu: 16.12.2010. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W130.pdf>

Huttunen, K. 2009. Modulointi. Luentomateriaali. PDF-tiedosto.

Huttunen, K. 2009. Systemaattinen modulointi ja konfiguraattori. Luentomateriaali. PDF-tiedosto.

Koja-Yhtiöt Oy. 2010. Koja. Luettu 28.10.2010. [www.koja.fi](http://www.koja.fi)

Koja-Yhtiöt Oy. 2010. Koja-Yhtiöt\_esittely\_2010. PowerPoint-esitys.

Krajewski, L., Malhotra, M. & Ritzman, L. 2007 Operations Management 8e, Processes and Value Chains. 8. painos. New Jersey: Pearson Education Inc.

Martio, A., Peltonen, H. & Sulonen, R. 2002. PDM Tuotetiedon hallinta. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Peura, T. Tuotannosuunnittelija. Haastattelu 25.11.2010. Haastattelija Lahti, M. Koja Oy. Tampere.

1.12.2010 - 28.2.2011

Tilnro/Alanro/Rivi	Osan nimi	Valm.pvm	Määrä	Kuvanro	Revisio	Materiaali
<b>1101A</b>	<b>Tilausohjautuva</b>					
201425 / 1001 / 10	EEYX7H063	Etutuki ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO				
	EEYXO33467	Kiinnityslevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	2 33467	18.10.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EEYXO33459	Pystytuki 2, vasen, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 33459	18.10.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EEYXO33458	Pystytuki 2, oikea, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 33458	18.10.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EEYXO33455	Vaakatuki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 33455	18.10.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
201425 / 1001 / 10	EIX7H063	Imuosa ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO				
	EIXO35424	Etulevy, S355MC, 6 mm	29.11.2010	1 35424	18.10.2010	K501045 6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EIXO33384	Tukikartio, S355MC, 3 mm	29.11.2010	1 33384	18.10.2010	K501015 3,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EIXO35425	Korvaketuki, S355MC, 6 mm	29.11.2010	2 35425	18.10.2010	K501045 6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EIXO35242	Korvake, S355MC, 6 mm	29.11.2010	1 35242	18.10.2010	K501045 6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EIXO35254	Kiinnityskorvake, S355MC, 6 mm	29.11.2010	2 35254	18.10.2010	K501045 6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
201425 / 1001 / 10	EJX7H063	Jalusta ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO				
	EJXO40432	Etulevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 40432		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO40433	Takalevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 40433	09.11.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32135	Päätylevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 32135		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32136	Välilevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 32136	08.12.2010	K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO34000	Sivulevy oikea, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 34000		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO34001	Sivulevy vasen, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 34001		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32923	Sivulevy, moottoripet, S355MC, 10 m	29.11.2010	2 32923		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32091	Kourulevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 32091		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32092	Kampalevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 32092		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32093	Pitkittäistuki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	2 32093		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32094	Peitelevy, moottoripeti, S355MC, 10	29.11.2010	1 32094		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32095	Sivupalkki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	2 32095		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32096	Etupalkki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	1 32096		K501062 10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO33997	Laakeripeti, S355MC, 20 mm	29.11.2010	1 33997		K501090 20,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
	EJXO32098	Moottorinaluslatta, S355MC, 20 mm	29.11.2010	2 32098		K501090 20,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER



1.12.2010 - 28.2.2011

Tilnro/Alanro/Rivi	Osan nimi				Valm.pvm	Materiaali	
Kuvanro	Revisio	Määrä					
<b>1101A</b>	<b>Tilausohjautuva</b>						
201425 / 1001 / 10			EEYX7H063	Etutuki ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO			
33467	18.10.2010	2	EEYXO33467	Kiinnityslevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
33459	18.10.2010	1	EEYXO33459	Pystytuki 2, vasen, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
33458	18.10.2010	1	EEYXO33458	Pystytuki 2, oikea, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
33455	18.10.2010	1	EEYXO33455	Vaakatuki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
201425 / 1001 / 10			EIX7H063	Imuosa ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO			
35424	18.10.2010	1	EIXO35424	Etulevy, S355MC, 6 mm	29.11.2010	K501045	6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
33384	18.10.2010	1	EIXO33384	Tukikartio, S355MC, 3 mm	29.11.2010	K501015	3,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
35425	18.10.2010	2	EIXO35425	Korvaketuki, S355MC, 6 mm	29.11.2010	K501045	6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
35242	18.10.2010	1	EIXO35242	Korvake, S355MC, 6 mm	29.11.2010	K501045	6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
35254	18.10.2010	2	EIXO35254	Kiinnityskorvake, S355MC, 6 mm	29.11.2010	K501045	6,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
201425 / 1001 / 10			EJX7H063	Jalusta ESHB-063-7-LG000-1455-2-1-YO			
40432		1	EJXO40432	Etulevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
40433	09.11.2010	1	EJXO40433	Takalevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32135		1	EJXO32135	Päätylevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32136	08.12.2010	1	EJXO32136	Välilevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
34000		1	EJXO34000	Sivulevy oikea, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
34001		1	EJXO34001	Sivulevy vasen, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32923		2	EJXO32923	Sivulevy, moottoripet, S355MC, 10 m	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32091		1	EJXO32091	Kourulevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32092		1	EJXO32092	Kampalevy, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32093		2	EJXO32093	Pitkittäistuki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32094		1	EJXO32094	Peitelevy, moottoripeti, S355MC, 10	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32095		2	EJXO32095	Sivupalkki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
32096		1	EJXO32096	Etupalkki, S355MC, 10 mm	29.11.2010	K501062	10,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER
33997		1	EJXO33997	Laakeripeti, S355MC, 20 mm	29.11.2010	K501090	20,0x1500x3000 mm RAEX 355 MC LASER