



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SORALAVAMALLISTON TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Sami Hankonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Sami Hankonen			
Työn nimi Soralavamalliston tuotekehitys			
Päiväys	8.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	34/1
Ohjaaja(t) Arto Urpilainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) KOME OY			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja suunnitella uuden sukupolven lavamalli maa-ainesten kuljetukseen KOME Oy:lle. Uudella lavamallilla oli tarkoitus parantaa tuotteen valmistettavuutta ja nopeuttaa tuotannon läpimenoaika sekä samalla suunnitella lavalle nykyaikainen ulkonäkö. Suunnittelutyön apuna käytettiin DFMA:n tarjoamia työkaluja ja ohjeita.</p> <p>Tuotekehitysprosessia varten laadittiin Stage-Gate -malli, joka toimi suunnittelutyön runkona. Gate -mallin ensimmäisenä vaiheena oli lähtötietojen selvitys, joiden avulla suunnittelua vietiin eteenpäin. Lähtötietojen keräämisessä apua saatiin myyntiorganisaatiolta, joka oli kerännyt asiakaspalautteita ja ilmaisi myös omia näkemyksiään uudesta tuotteesta. Lähtötietojen pohjalta muodostettiin ominaisuusmatriisi selvittämään ominaisuuksien aiheuttamia hyötyjä ja haittoja.</p> <p>Toisena vaiheena suoritettiin tuotteen esisuunnittelu, jossa tuli suunnitella lavan rakenne mahdollisimman tarkaksi. Esisuunnitteluvaiheessa piti pystyä jo luomaan alustavia kustannusarvioita sekä tekemään alustava lujuus-tarkastelu lavalle.</p> <p>Viimeisenä vaiheena oli tuotekehitysvaihe, jonka aikana viimeisteltiin lavan 3d-mallit sekä kaikki työpiirustukset siten, että lava sekä sen komponentit voitiin valmistaa. Tuotekehitysvaiheessa myös keskityttiin vielä komponenttien viimeisteltäviin yksityiskohtiin.</p>			
Avainsanat DFMA, Modulointi, Tuotekehitys			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Sami Hankonen			
Title of Thesis Gravel pallet product development			
Date	8.5.2019	Pages/Appendices	34/1
Supervisor(s) Arto Urpilainen			
Client Organisation /Partners KOME Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to develop and design a completely new pallet model for the gravel transportation to KOME Ltd. The new pallet model was designed to improve the manufacturability of the product and to get shorter production time. At the same time a new appearance for the pallet was designed. The DFMA process was used to help the design work.</p> <p>The Stage-Gate model was prepared for the product development process, which worked as the basis of the design work. The first stage of the Gate model was the initial data analysis, which was used to advance the planning. In the collection of the source data, some assistance was received from the sales organisation, which had collected customer feedback and expressed its own views on the new product. Based on the initial data, a feature matrix was formed to determine the benefits and disadvantages caused by properties.</p> <p>A second step was to pre-design the product, where it was needed to design the pallet structure as accurately as possible. In the pre-design phase was required to create preliminary cost estimates and to carry out a preliminary strength calculations of the pallet.</p> <p>The final stage was the product development phase. During that phase the 3d models of the pallet were finished, as well as all the work drawings so that the pallet and its components can be manufactured. The product development phase also focused on the last details of the components to be finalised.</p>			
Keywords DFMA, Modulation, Product development			

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
1.1 Tilaaja	6
2 TYÖN TOTEUTUS JA TARKOITUS	7
2.1 Aikataulut ja resurssit	8
2.1.1 Kustannukset	8
2.1.2 Riskit	9
3 DFMA	10
3.1 DFM	10
3.2 Valmistettavuuden mittaaminen	12
3.3 Tuotekehitys prosessi	13
3.4 Suunnittelun toteuttaminen eri tasoilla	15
3.5 Valmistettavuuden arviointi	17
3.6 Tuote	22
3.7 DFA	25
3.8 DFA tarpeen arviointi	26
3.9 Modulointi	31
4 LÄHDELUETTELO	33
LIITE 1: ALUSTAVA AIKATAULU	34

1 JOHDANTO

Opinäytetyön aiheena on uuden soralavamalliston tuotekehitys KOME Oy:lle. Malliston kehityksellä pyritään kasvattamaan KOME Oy:n myyntiä ja parantamaan tuotteen markkinaosuuksia alalta, jolla on paljon kilpailua.

Työn tilaajana toimii KOME Oy, joka on suomalainen raskaanliikenteen päälirakenteiden ja perävau-
nujen valmistaja. KOME:n toimipisteet sijaitsevat Haapajärvellä, Iisalmessa, Mikkelissä sekä Rauta-
lammilla.

Soralavatuotanto sijoittuu Iisalmeen, joka toimii myös työn suorituspaikkana. Työn aihe on tärkeä
ajatellen yrityksen tulevaisuuden näkymiä, koska nykyinen mallisto on ollut jo pitkään markkinoilla.
Uudella mallistolla tavoitellaan korkeampi myyntilukuja ja uusia asiakassuhteita.

Projektiaiheena on uuden lavamalliston kehittäminen. Yhtenä tarkoituksena on ottaa huomioon tuot-
teen valmistettavuus ja modulaarisuus, joilla pyritään nopeuttamaan lavatuotannon läpimenoaika.
Valmistettavuudessa hyödynnetään DFMA -ajattelua. Tämä tarkoittaa vanhan lavamalliston valmis-
tettavuuden analysointia ja valmistusaikojen mittaamista. Nykyisestä lavamallistosta on tehtävä val-
mistuskustannuslaskelma, jotta uuden tuotteen kehitykselle saataisiin asetettua raja-arvoja, joita ei
voida ylittää. Myös uudelle mallille on laadittava kustannusarvio esisuunnitteluvaiheessa.

Toinen tärkeä asia kehitystyössä on uudenlainen levytuotteiden muotoilu, jolla saavutettaisiin pie-
nempi massa tuotteelle sekä uudenlainen ulkonäkö lavalle. Kevyempi lava tarkoittaa suoraan suu-
rempaa hyötykuormaa. Suuremmalla hyötykuormalla voidaan vähentää soratuotteiden kuljetusker-
toja isoilla työkohteilla, joka on verrannollinen polttoaineenkulutukseen sekä sen myötä autoista ai-
heutuviin hiilidioksidipäästöihin.

Ulkonäkökysymys on nykyisin nousemassa tärkeäksi tekijäksi kuljettajien parissa, koska ajoneuvoyh-
distelmä mielletään liikkuvaksi mainokseksi kyseiselle urakoitsijalle. Näiden asioiden lisäksi yksi kehi-
tystyön tärkeimpänä pointtina on nimikkeiden vähentäminen tuotteesta, joka pyritään toteuttamaan
DFMA -suunnitteluohjeiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa vähemmän hitsattavia nimikkeitä ja tällä
pyritään saavuttamaan nopeampi tuotannon läpimenoaika.

Projektin lopputuloksena on tarkoitus saada uuden sukupolven lavamallisto KOME:lle, joka lanseera-
taan markkinoille keväällä 2019 Helsingin kuljetusmessuilla.

1.1 Tilaaja

KOME Oy on usealla paikkakunnalla toimiva asiakaslähtöinen kuorma-autojen päälirakenteiden ja perävaunujen valmistaja, jonka juuret ovat lähtöisin Haapajärveltä vuodelta 1964.

KOME Oy:n tehtaat sijaitsevat nykyisin Haapajärvellä, Iisalmessa, Mikkelissä ja Rautalammilla.

KOME: n edustamia tuotemerkkejä ovat KOME, RKP, KOME Composite, BRIAB, AKM. KOME -tuotteisiin kuuluvat siis sora-, avorahti-, vaihtolava-, puutavara- ja turve/haketuotteet (Kuva 1). Markkinoille KOME tuottaa uusia tuotteita ja logistisia ratkaisuja. KOME on tunnettu monipuolisista ja ennakkoluulottomista rakenne- sekä materiaaliratkaisuista, joiden keskeisenä osana ovat erikoislujat teräkset.

KOME valmistaa Pohjolan oloihin sopivia rakenneratkaisuja. Tuotteiden rakenteissa on huomioitu lumen, pakkasen ja pitkien ajosuoritteiden sekä suuren käyttöasteen vaatimat ominaisuudet. (KOME Oy)



KUVA 1. KOME Oy:n päätuotteet

2 TYÖN TOTEUTUS JA TARKOITUS

Työ toteutettiin yrityksen sisällä pienessä tuotekehitysryhmässä, jossa toimin projektipäällikkönä. Itseni lisäksi ryhmään kuului viisi (5) muuta jäsentä. Projektin päävastuu oli projektipäälliköllä, jonka vastuualueeseen kuului huolehtia aikataulussa pysymisestä sekä jakaa työtehtäviä. Projektipäällikön tehtäviin kuului myös tiedottaminen ja palaverikutsujen laatiminen. Näiden tehtävien lisäksi työnkuvaan kuului tuotekehitys ja 3d- mallien sekä kustannusarvioiden tekeminen.

Suunnittelutyössä oli huomioitava lavan valmistettavuus ja asiakastarpeiden täyttäminen. Lisäksi yrityksen johdolta sekä myynnistä on tullut toiveita tuotekehitystä varten. Suunnitteluosioon kuului uuden laitaprofiilin mallintaminen, jossa oli otettava huomioon jäykkyystekijät ja ulkonäkö. Lisäksi oli kiinnitettävä huomiota työturvallisuusvarusteisiin, kuten esimerkiksi perävaunun rungon päälle nousevaan kulkuteihin. Levysuunnitteluun saimme apua SSAB:n teknisestä tuesta, joka tarjosi erillisen koulutuksen levytyösuunnittelusta tuotekehitysryhmälle. Tuotekehitystä veimme eteenpäin Stage-Gate-mallia hyödyntäen. Stage-Gate mallissa projektille luodaan ehtoja, joiden on täyttyttävä ennen seuraavaan tuotekehitysvaiheeseen siirtymistä. Projektille luotiin viisi (5) eri vaihetta, jossa työ suoritettiin. Näitä vaihteita olivat:

1. Lähtötietojen kerääminen
2. Esisuunnittelu
3. Tuotekehitys
4. Protoversion rakentaminen
5. Myynnin ja tuotannon aloittaminen

Henkilökohtaiseen osiooni projektissa kuului valmistettavuuden suunnittelu DFMA-analyysiä käyttäen, kustannusarvion sekä 3d -mallien ja työkuvioiden laatiminen.

Aikataulullisesti projekti oli haastava, koska uuden tuotteen täytyi olla valmis toukokuussa 2019 pidettävillä kuljetusmessuilla. Sitä ennen oli valmistettava protoversio, jolle tehtiin käyttöttestaus oikeissa olosuhteissa sovitun kuljetusyrittäjän toimesta. Näin ollen protoversioissa havaitut ongelmat ja puutteet ehdittiin korjata ennen kuin lava tullaan esittelemään messuilla.

Jo ennakkoon tiedettiin, että laitaprofiilin muutos ja lavan nurkkapyörityksen muutos olivat yksi osa tuotekehitystä. Lisäksi asiakkaiden ja myynnin toiveita kerättiin ja muodostettiin niistä tarvelistaus.

Työ toteutettiin siten, että kaikki KOME OY:n käyttöön menevä materiaali kuten asiakastarpeiden määrittely, kustannusarvioinnit, suunniteltavat 3d -mallit sekä työpiirustukset voidaan tehdä työajan puitteissa. Raportointi sovittiin suoritettavaksi omalla ajalla, koska yritys ei hyödy opinnäytetyön raportointiosuudesta.

Asiakastarpeiden määrittely suoritettiin yhdessä myyntiorganisaation kanssa. Tarkoituksena oli selvittää loppukäyttäjiltä saadut palautteet ja toivomukset tuotteen kehittämiseksi. Lisäksi tässä vaiheessa kuultiin yrityksen johdon toiveet uudelle tuotteelle. Näistä toiveista muodostettiin ominaisuusmatriisi, jonka avulla selvitettiin ne ominaisuudet mitä tuotteelta halutaan.

Asiakastarpeiden ja ominaisuusmatriisin perusteella luotiin konseptisuunnitelma, joka arvioitiin tuotekehitysryhmän kesken. Arvioinnin tarkoituksena oli löytää juuri oikea konsepti, jota lähdettiin toteuttamaan ja suunnittelemaan aina valmiiksi tuotteeksi asti. Tuotekehitysvaiheessa suunnittelun apuna käytettiin DFM:n ja DFA:n tarjoamia työkaluja ja ohjeita.

Työn tarkoituksena oli suunnitella uusi lavamalli, jolla on tarkoitus kuljettaa maa-aineksia eli esimerkiksi soraa ja hiekkaa. Lähtökohtana oli, että lavan ei tarvitse pystyä kalliolouhoksen sekä kiviainesten kuljetukseen. Tämä tieto oli tärkeä, kun tuotteen materiaaleja valittiin. Tässä työssä keskityttiin pelkästään kuorma-auton päälle asennettavan lavan suunnitteluun. Lavamallista kehitettiin myös perävaunun päälle asennettava lava ja valmiit tuotteet esitellään kuljetus- ja logistiikkamessuilla toukokuussa 2019.

Työn päällimmäisenä tarkoituksena oli saada parannettua tuotannon läpimenoaikaa sekä saada tuotteesta kustannustehokkaampi. Näitä tavoitteita kohti lähdettiin etenemään pienentämällä nimikemääriä sekä helpottamalla osien asennusta ja pyrkimällä vähentämään tuotannossa tapahtuvaa hirtsausta. Lisätavoitteena oli saada lavasta keveämpi nykyiseen konstruktion verrattuna.

2.1 Aikataulut ja resurssit

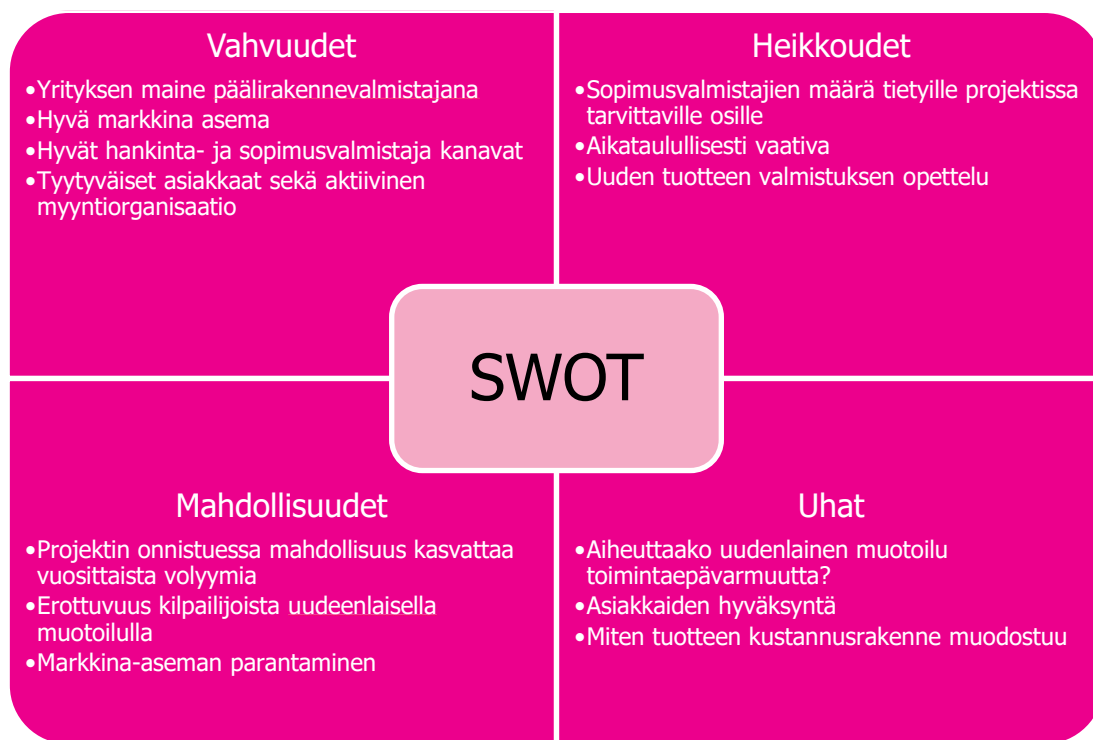
Projektille oli laadittu yrityksen sisällä alustava aikataulu (**Liite 1: Alustava aikataulu**), johon merkittiin ajanjaksot, milloin mikäkin vaihe kehitystyössä oli oltava käynnissä sekä päivät, jolloin vaiheet tuli olla valmiina ja että ne voitiin esitellä työryhmälle.

2.1.1 Kustannukset

Projektiin kohdistuvat kustannukset syntyivät käytetystä työajasta, suunnitteluohjelmiston sekä PDM-järjestelmän lisensseistä sekä suurimpana kustannuseränä hankittavista sekä valmistettavista komponenteista. Lavasta valmistettiin protoversio ja sen hankinnoista tehtiin kustannuseurantaa. Protosien kustannukset eivät ole täysin verrattavissa edelliseen tuotantomalliin, koska sopimusvalmistajilta hankittavien osien tilausmäärät ovat erilaiset. Tarkoituksena oli, että kustannustaso uudelle tuotteelle olisi edullisempi, kun tuotteen elinkaareissa päästään tuotantovaiheeseen.

2.1.2 Riskit

Tähän projektiin sisältyi riskejä, jotka oli otettava huomioon jo ihan projektin alkumetreillä. Projektin alussa oli sekä myyntiorganisaation että yrityksen johdon tunnistettava, mitä asiakkaat haluavat. Jos suunnitellaan tuote, mikä ei täytä sen käyttäjän asettamia vaatimuksia, on suuri riski, että koko tuotekehitystyö valuu hukkaan ja tuote jää ainoastaan protovaiheeseen eikä sille saada odotettuja myyntilukuja. Tämä tarkoittaisi rahallista menetystä yritykselle eikä tuotekehitysvaiheen kuluja voitaisi näin ollen kattaa. Rahallisen menetyksen lisäksi on myös yrityksen maine mukana tällaisessa kehitystyössä. Hyvin suunniteltu uusi tuote voi vilkastuttaa huomattavasti yrityksen myyntiä ja näin ollen markkinaosuuden kasvattaminen ja erottuminen kilpailijoista onnistuisi. Sitä vastoin, jos tuote ei täytä sille asetettuja vaatimuksia esimerkiksi laadullisesti tai toiminnallisesti, vaikuttaa se yleensä negatiivisesti yrityksen maineeseen ja näin ollen osa kaupoista voi siirtyä kilpaileville yrityksille. Projektista on laadittu SWOT-analyysi (*Kaavio 1. SWOT-analyysi projektista*).



Kaavio 1. SWOT-analyysi projektista

3 DFMA

DFMA eli Design For Manufacturing and Assembly on työkalu, jonka avulla pyritään saavuttamaan tuotteen ominaisuuksiin selkeää parannusta. DFMA antaa suunnittelijoille selkeitä ohjeita siitä, miten tuote tulisi suunnitella valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden näkökulmista katsottuna. Kun DFMA:n ohjeita noudatetaan, tuloksena saadaan helpommin kokoonpantava, vähemmän komponentteja sisältävä sekä kustannustehokkaampi tuote. Samalla kun tuotteelle saavutetaan paremmat ominaisuudet tuotannon kannalta, saadaan aikaan myös luotettavampia ja yksinkertaisempia tuoterakenteita, joiden suunnittelu on tehokasta. Lisäksi tuotteelle saadaan parempi laatu. DFMA auttaa siis vähentämään tuotannossa esiintyviä osia ja myös helpottamaan olevien osien asennusta. Yksistään jo näillä kahdella ominaisuudella saadaan lyhennettyä tuotannon läpimenoaika ja näin ollen tuotannosta aiheutuvia kustannuksia voidaan alentaa. Lisäksi DFMA ajattelussa suositaan erilaisten erikseen testattavien osa kokonaisuuksien muodostamista sekä asiakaskohtaisen räätälöinnin siirtämistä ihan loppukokoonpanon viimeisiksi vaiheiksi, voidaan siis puhua **moduuleista**. (Suolahti, 2010)

3.1 DFM

DFM tarkoittaa tuotteen suunnittelua valmistettavuuden ehdoilla. DFM eli Design for Manufacturing on laaja käsite, joka sisältää kaikki menetelmät ja järjestelyt, joiden avulla yksinkertaistetaan tuotteen tai tuotekonstruktion valmistamista ja myös alennetaan kaikkia tuotteen valmistuskuluja. Voidaan siis sanoa, että DFM on tuotekehitysmenetelmä, johon sisältyy erilaisia tarkastuslistoja, perusperiaatteet ja sääntöjä. Näiden edellä mainittujen DFM -apuvälineiden on tarkoitus auttaa suunnittelijoita kehittämään tuote siten, että se olisi helppo valmistaa. (Lempiäinen;ym., 2003)

DFM -suunnittelun säännöt ja tavoitteet:

- Tunnista ominaisuudet, jotka ovat kriittisiä (toleranssit, pinnan laatu)
- Tunnista tekijät, jotka vaikuttavat kriittisten ominaisuuksien valmistukseen
- Arvioi valmistuksesta aiheutuvat kustannukset
- Minimoi komponenteista aiheutuvat kulut
- Määritä ominaisuuksille suurimmat sallitut toleranssit
- Määritä prosessin kyky suoriutua uusista ominaisuuksista aikaisessa vaiheessa
- Vältä tiukkoja toleransseja
- Minimoi koneistettavien pintojen lukumäärä
- Minimoi kappaleen uudelleen paikoittaminen valmistusvaiheessa
- Käytä yleisiä valmistusmenetelmiä aina kun mahdollista
- Käytä reiluja viisteitä/pyöristyksiä valetuissa, muovatuissa ja koneistetuissa osissa
- Vältä useaa valmistusprosessia yhdelle tuotteelle
- Suunnittele tuote helposti asetettavaksi jigiin ja käytä olemassa olevia järjestelmiä
- Hyödynnä valmistusprosessin ominaisuuksia
- Käytä hyvää yksityiskohtaista suunnittelua valmistusta varten ja noudata laatuvaatimuksia.

(K.G.;ym., 2006)

DFM toimii työkaluna siihen, miten määritellään komponentin muoto niin että sen valmistaminen on tehokasta ja laadukasta. DFM -ajattelumallin tarkoituksena on mahdollistaa alhaisempi valmistushinta ja lyhentää tuotannon läpimenoaikaa, jolloin myös tuotteiden toimitusvarmuus paranee sekä sillä myös varmistetaan tuotteen valmistuksen laatua. (Piironen, 2013)

Yleensä DFM suunnittelun avulla tuote saadaan toimimaan paremmin ja luotettavammin, näyttämään siistimmältä ja jopa tuotteen huollettavuus paranee. Suurimpana tavoitteena tämän kaltaisessa suunnittelussa on kuitenkin valmistuskulujen alentaminen. (Lempiäinen;ym., 2003)

DFM ei ole siis mikään tuote minkä voi ostaa rahalla, jonka voi ottaa saman tien käyttöön ja aloittaa sen hyödyntämistä. DFM on ainoastaan ajattelutapa ja tuotekehitysprosessin avuksi laadittuja erityisiä työkaluja selkeyttämään suunnittelua. Työkalujen tarkoituksena on auttaa suunnittelun ja valmistuksen vuorovaikutuksessa sekä auttaa tekemään tuotekehityksessä oikeita asioita ennen kuin tehdään asioita oikein. Valmistettavuus voidaan jakaa seitsemään eri askeleeseen ja suunnitelman läpikäynti neljään. DFM:n tarjoamista työkaluista ei saada kaikkea hyötyä irti jos yrityksessä vallitseva ajattelutapa ei tue sitä. (Lempiäinen;ym., 2003)

Millään yrityksellä ei ole olemassa keinoa millä voitaisiin varmistaa tuotteen ja valmistusmenetelmän kilpailukyky markkinoilla, koska yleensä uudet asiat ja menetelmät tulevat esiin vaiheittain. Tämän takia tuotteen suunnittelijoiden tulee ymmärtää, kuinka tuote voidaan valmistaa ja juuri sen takia DFM on nykyään kriittinen tekijä ja tarpeellinen ajatusmalli yrityksen kilpailukyvyn säilyttämiseen. DFM -ajattelumallin kautta tarkoituksena on saavuttaa sama tuotannollinen tulos mutta pienemmällä investointikululla ja riskillä. (Lempiäinen;ym., 2003)

Useiden lähteiden mukaan tuotekehityksen ja -suunnittelun aikana sitoutetaan noin 60- 85 % koko tuotteen kustannuksista. Jotta kustannuksia voitaisiin hallita ja että suunnitteluprosessi onnistuisi mahdollisimman hyvin, tulisi suunnitteluvaiheessa olla mahdollisimman paljon tietoa siitä minkälainen tuote tullaan valmistamaan ja minkälaisia ominaisuuksia siinä tulee olemaan. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.2 Valmistettavuuden mittaaminen

Tuotantokustannuksia ajatellaan monesti mittatikkuna hyvälle valmistettavuudelle ja on totta, että se onkin yksi tärkeä tekijä, mutta se on vain yksi monista arviointiparametreista. Tavoiteltaessa pelkästään alhaisia valmistuskustannuksia voi sillä olla negatiivisia vaikutuksia läpimenoaikaan ja varsinkin laatuun, jolloin pieni kustannus ei ole tarkoituksenmukaista. Jotta voidaan varmistua hyvästä tuotesuunnittelusta, on välttämätöntä tehdä mitoitusta ja arviointia usealta eri kannalta ajateltuna. Lukuisista DFM-projekteista saatu kokemus osoittaa, että hyvää suunnittelua voidaan arvioida seitsemällä erilaisella mittarilla, jotka osoittavat vaikutuksen hyvään valmistettavuuteen. Tuotteen valmistettavuuden mittaamiseen käytettävät mittarit ovat: (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Laatu**

Tuotteen mahdollisuus noudattaa sille asetettua tuoteselostetta ja määrättyjä spesifikaatioita ja vaatimuksia. Heikko laatu nähdään monesti jo ns. lattiatasolla ongelmina tuotannossa esimerkiksi mittaheittoina ja tämä aiheuttaa laadunvalvontaan panostamista tuotantovaiheessa. Myöhemmässä vaiheessa laatuongelmat näkyvät reklamaatio- ja korjaustilastoissa. Vakavimmat laatu ongelmat voivat johtaa koko tuote-erän takuukorjauksiin. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Tuotantokustannukset**

Valmistettavasta tuotteesta aiheutuu aina kustannuksia, jotka ovat helposti mitattavissa ja vertailtavissa muihin tuotteisiin. Hyvällä suunnittelulla voidaan vaikuttaa positiivisesti tuotekustannuksiin ja siihen, miten ne muodostuvat. Kustannuksia on kahta laatua.

Kiinteät kustannukset, johon luetaan esimerkiksi varastoinnista, laadun valvonnasta, ostoista sekä tuotantotilojen ylläpidosta aiheutuvat kulut.

Muuttuvat kustannukset, joita ovat työvoimasta ja materiaaleista aiheutuvat kustannukset.

Tuotteelle voidaan määrittää kokoonpantavuusindeksi jolla nähdään miten kustannukset määräytyvät. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Joustavuus**

Joustavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka tuote on varioitavissa eli kuinka haluttuja muutoksia voidaan siirtää valmiiseen tuotteeseen. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Riski**

Minkälaisia riskejä tuotteen valmistukseen liittyy. Esimerkiksi sopimusvalmistajista riippuvat osatoimitukset eli onko jokin konstruktio tuotteessa suunniteltu siten, että tuotanto on riippuvainen sopimusvalmistajasta.

Onko tuotantomäärän nopea kasvattaminen kysynnän lisääntyessä mahdollista. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Läpimenoaika**

Hyvällä valmistettavuudella saavutetaan nopea tuotannon läpimenoaika. Tällöin tuotanto toimii tehokkaasti ja silloin luodaan mahdollisuudet suurempaan tuotantovolyymiin. Läpimenoaikaan vaikuttaa, onko suunniteltu tuote niin kutsuttu vakiotuote vai asiakas- tai projektiokohtaisesti räätälöity. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Tehokkuus**

Kuinka hyvin yrityksen henkilöstö- ja talousresurssit voidaan hyödyntää. Selkeä ja hyvin valmistettava tuote vähentää turhaa työtä tuotannossa ja silloin voidaan keskittyä pelkästään tulosta tuottaviin töihin. Eli pyritään minimoimaan kaikki turha työ pois. (Lempiäinen;ym., 2003)

- **Ympäristövaikutukset**

Onko tuotteessa olevat osat kierrätettävissä ja kuinka valmistusprosessi kuormittaa ympäristöä. Onko tuote suunniteltu siten, että se on purettavissa ja voidaanko sen osat kierrättää siinä vaiheessa kun tuote on tullut elinkaarensa päähän. (Lempiäinen;ym., 2003)

Edellä mainituilla mittareilla voidaan mitata ja arvioida tuotekonstruktiota ja sen valmistettavuutta. Eli tuotesuunnitelma vaikuttaa kaikkiin edellä mainittuihin osa-alueisiin ja niiden avulla voidaan myös määrittää ja selventää tuotekehitysprojektin tavoitteita. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.3 Tuotekehitys prosessi

Tuotekehitysprosessissa päästään parhaaseen lopputulokseen, kun jo suunnitteluvaiheessa on mahdollisimman paljon tietoa tulevan tuotteen toiminnoista ja ominaisuuksista ja siitä minkälaisia valmistustapoja on olemassa. Tietoa valmistettavuuden parantamiseen voidaan hankkia monella eri tavalla ja onkin hyvä olla avarakatseinen kaikille mahdollisuuksille ja ajatuksille. Yrityksen tuotekehityksessä on joskus ongelmana vanhanaikainen over-the-wall -tyylinen suunnitteluprosessi. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tietoa voidaan hankkia esimerkiksi hyödyntämällä suunnittelutiimiä, jossa on osallisena usean eri alan edustajia ja asiantuntijoita sekä yrityksen myyntiorganisaatiosta ja tuotannosta vastaavaa henkilökuntaa. Tällöin tiimillä on käytössään uusinta ja tarkinta tietoa valmistuksesta ja sen mahdollisuuksista. Välttämättä tiimin perustaminen ei aina onnistu mutta tällöin kannattaa käyttää hyväksi yrityksen hankitaverkoston ja sopimusvalmistajien osaamista hyödyksi tuotteen suunnittelussa, hyvänä esimerkkinä materiaalitoimittajat, joilla on kattava tietopankki mahdollisista valmistustavoista. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tällaisella tiimiytymisellä pyritään pääsemään eroon vanhanaikaisesta over-the-wall -suunnitteluprosessista. Over-the-wall -suunnittelussa on ollut tyypillistä, että tieto, mitä saadaan, kulkee vain yhteen suuntaan. Ensiksi myynti kertoo suunnitteluosastolle oman näkemyksensä tuotteesta, jonka asiakas haluaa, jolloin suunnittelija ei välttämättä saa selvää kuvaa siitä minkälainen todellisuudessa on asiakkaan tarvitsema tuote ja mitä ominaisuuksia siinä tulee olla. Seuraava vaihe on se, että suunnittelija ei välttämättä tiedä kaikkia mahdollisia valmistustapoja siitä, miten tuote voidaan valmistaa. Silloin tuotteen valmistukseen on ainoastaan suunnittelijan näkemys, jolloin tuote on voitu suunnitella niin, ettei sitä pahimmassa tilanteessa ole edes mahdollista valmistaa niin kuin se on suunniteltu, taikka niillä välineillä mitä on käytössä. Jos tieto kulkisi valmistuksen ja suunnittelun välillä, olisi paremmat edellytykset päästä lopputulokseen, jossa tuote on helposti valmistettavissa ja jopa mahdollisesti tuote olisi edullisempi. Tämän tyyllisellä suunnitteluprosessilla harvoin saadaan aikaan laadukasta ja valmistuksellisesti tehokasta tuotetta aikaan. (Ullman, 2010)

Etsimällä sopiva benchmark -tuote voidaan saada uusia ajatuksia siitä, miten valmistettavuutta voitaisiin parantaa. Suunniteltavaa tuotetta verrataan valittuun benchmark -tuotteeseen ja sen avulla pyritään piristämään tavoiteltua DFM -ideaa. Tällä tavalla pyritään selvittämään kilpailevan tuotteen valmistusta ja suunnittelua sekä sitä kautta parantamaan omia tuotteita ja suunnitelmia. Pääsemällä kilpailijaa paremmalle suunnittelu- ja valmistettavuustasolle on mahdollista parantaa yrityksen asemaa kilpailevissa markkinoissa. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuotteen uudelleen suunnittelulla voidaan saavuttaa parempi valmistettavuus. Eli voidaan yrittää suunnitella tuote uudelleen siinä toivossa, että suunnittelija on oppinut uutta tai että valmistusmenetelmät ovat tällä välin kehittyneet. Tosin tämä ei ole edullisin tapa kehittää tuotetta ja sen valmistettavuutta, jos suunnittelun menettelytavat eivät ole muuttuneet. (Lempiäinen;ym., 2003)

DFM:llä on suurin vaikutus konseptisuunnitteluvaiheessa, koska silloin määritetään osavalmistuksen työmenetelmät. Yksityiskohtien määrittelyssä ei enää pitäisi tehdä näitä valintoja. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelijoiden tulee pystyä arvioimaan ja vertailemaan eri konstruktioiden valmistettavuutta ennen kuin yhdenkään tuotteen- tai osan rakenne on tiedossa. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.4 Suunnittelun toteuttaminen eri tasoilla

Tuotteen suunnittelu-, valmistus-, markkinointi-, jakelu- ja huoltomenetelmät päätetään yleensä tuotekehitysprosessin alkuvaiheessa. Tuotekonsepti muodostuu näistä asioista. Alkuvaiheessa tulisi myös löytää tulevaisuuden näkymille paras suunnittelu- ja valmistuskonsepti. Tässä vaiheessa konseptille asetetaan tavoitteet sekä vaatimustaso ja se on kytkettävä muihin yrityksessä valmistettaviin tuotteisiin.

Seuraavassa vaiheessa valittu konsepti toimii lähtökohtana tuotekehitykselle, jossa etsitään parhaat vaihtoehdot suunnittelulle ja valmistukselle. Parhaillaan tässä vaiheessa voidaan yhdistää myynnin, suunnittelun ja valmistuksen asettamat tavoitteet. DFM -ajattelussa on tärkeää, että suunnittelijat ja tuotannosta vastaavat henkilöt tekevät yhteistyötä, jolloin voidaan saumattomasti siirtää tietotaitoa eri osastojen välillä. Nykyään suunnittelijan on hyvä olla perillä nykyisistä valmistusmenetelmistä. Yhteistyön tarkoituksena suunnittelijoiden ja tuotannon henkilöiden tulee arvioida konseptin valmistuskustannuksia, laatua, läpimenoaikaa sekä muita olennaisia asioita mitkä vaikuttavat tuotantoon ja valmistettavuuteen. Kun etsitään DFM -ideoita, tulee tutkia neljää eri hierarkiatasoa. Näihin tasoihin vaikuttamalla tuotekehittäjä pystyy määrittämään tuotteen valmistustoiminnot. Kun jokaisella tasolla ollaan tietoisia projektista ja tavoitteista voidaan tällaisella työskentelyllä pienentää riskiä epämiellyttävälle yllätyksille. (Lempiäinen;ym., 2003)

Yritystaso

Tällä tasolla on tarkoitus tutkia ja vertailla kehitettävää tuotetta yrityksen muihin tuotteisiin. Tällä varmistetaan se, ettei yritys kehitä ja valmista useassa paikassa samankaltaisia tuotteita ja varmistetaan myös siitä, että yrityksen tuotteissa käytetään samoja teknisiä ratkaisuja, jos se vain suinkin on mahdollista. Tämä taso määrittää yrityksen tulevaisuutta koska siinä ollaan lähellä yrityksen strategista suunnittelua. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuoteperhetaso

Tällä tasolla tutkitaan ja vertaillaan, miten erilaiset tuotevariantit suhtautuvat toisiinsa, ja miten ne voidaan tuoda markkinoille. Tällä tasolla tapahtuva suunnittelu määrittää usein sen, millainen tuotteen elinkaari on markkinoilla. Tuoteperhetasolla tapahtuvassa suunnittelussa käytetään hyväksi aikaisempien tuotteiden tarjoamia hyväksi todettuja ratkaisuja uuden tuotteen suunnittelussa. (Lempiäinen;ym., 2003)

Rakennetaso

Rakennetasolla kokeillaan saada ymmärrys siitä miten uuden tuotteen rakenne ja olemassa olevien tuotantolaitteiden rakenne sopivat toisiinsa. Tuotteen valmistusprosessi koostuu useista eri vaiheista, kuten osa- ja alikokoonpanojen valmistuksesta, loppukokoonpanosta, testauksesta sekä pakkauksesta. Tähän väliin mahtuu myös paljon eri tukitoimintoja kuten varastointi ja erilaiset logistiset vaiheet. Uudelle tuotekonstruktioille suunnittelija voi käyttää jo tietämiään kriittisiä kohtia valmistusprosessissa. Myös olemassa olevien tuotteiden kustannusrakenteesta voidaan huomata niitä komponentteja, osia tai kohteita, jotka vaikuttavat merkittävästi tuotteen hintaan. Tällä tasolla voidaan myös suorittaa vertailua benchmark -tuotteeseen ja etsiä erot, miksi ne eroavat muista.

(Lempiäinen;ym., 2003)

Komponenttitaso

Tämä on taso, joka herättää paljon keskustelua suunnitteluprosessiin osallistuvien henkilöiden välillä. Tällä tasolla on helppo ilmaista omat mielipiteensä ja näkemyksensä jonkin komponentin valmistuksesta ja toimivuudesta.

Olisi tärkeää, että tällä tasolla mielenkiinto kohdistettaisiin niihin komponentteihin, jotka aiheuttavat suurimpia kustannuksia, joilla on toimitusepävarmuutta tai jos komponentti ei laadullisesti vastaa yrityksen laatukäsitettä. Komponenttitaso on taso millä pitäisi olla tietoinen nykyaikaisimmista valmistusmenetelmistä ja silloin on pyrittävä valitsemaan juuri omaan tarpeeseen sen oikea menetelmä. Joskus osien tuotekehitys kannattaa jättää osavalmistajien vastuulle, koska heillä on sen alan viimeisin tieto ja kokemus. Komponenttitasolla on varmistuttava osien toimitusvarmuudesta ja selvítettävä mahdolliset sopimusvalmistajat komponenteille.

(Lempiäinen;ym., 2003)

3.5 Valmistettavuuden arviointi

Suunnittelun näkökulma, jossa painotetaan muuttuvia valmistuskustannuksia, osien määrän vähentämistä tuotteesta ja parempaan kokoonpanoon tähtäävää uudelleen suunnittelua, antavat yleensä hyvän perustan asioiden oikein tekemiselle suunnitteluprosessissa. Tässä on kuitenkin muutama riskitiriita, eivätkä nämä asiat ole välttämättä sopivia lähtökohtia sille, että asiat tulisivat tehtyä oikein tai että suunnittelussa voitaisiin tehdä oikeita asioita. Syyt ovat hyvin yksinkertaisia:

- Muuttuvien kustannusten alentaminen itsestään ei ole järkevää, jos siihen liittyy kiinteiden kustannusten kasvaminen, laadun heikentyminen, tuotannon läpimenoajan pidentyminen ja tuotannon joustavuuden lasku.
- Osien määrän vähentäminen ei aina ole järkevää, eikä se ole välttämättä hyvä tavoite tuotteen suunnittelulle. Esimerkiksi kymmenen samanlaista osaa todennäköisesti johtaa alhaisempiin kokonaiskustannuksiin kuin viisi erilaista osaa. Tällöin helpotetaan hankinnan, varastoinnin sekä laadunvalvonnan työtä. Näiden lisäksi yrityksen nimikemassa pysyy pienempänä, eikä nimikkeen ylläpidosta aiheudu niin paljon kuluja, eli kaikki nämä asiat ovat suoraan liitännäisiä muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin.
- Kokoonpanon näkökulma on tärkeä silloin, kun valitaan uutta tuoterakennetta, mutta huomiota pitää kiinnittää myös siihen, miten ehdotettu tuoterakenne vaikuttaa valmistusprosessiin ja sen osiin esimerkkinä testattavuuteen, pakattavuuteen ja ennen kaikkea siihen onko rakenne järkevä tuotannon näkökulmasta.

Näin ollen tuotteen rakennetta ja kokoonpanomenetelmiä ei tulisi päättää ennen kuin ollaan selvitetty miten kytkökset ja liittynät yrityksen muihin tuotteisiin tullaan toteuttamaan ja minkälaisia variantteja tuotteesta tullaan valmistamaan sekä minkälainen kyseisen tuotteen koko tuoteperhe on. Ennakkoehdoon hyvään ja tehokkaaseen valmistettavuuteen on käyttää laaja-alaista näkemystä ja ottaa huomioon yksinkertaistaminen ja standardointi sekä rakenne-, tuoteperhe- että yritystasolla. Tällöin suunnittelu- ja valmistusmenetelmät tukevat toisiaan jokaisella tasolla, joka nopeuttaa suunnittelua ja tuotantoa. (Lempiäinen;ym., 2003)

Valmistettavuuden toteutus tuotekehitysprojektissa voidaan katsoa jakautuvan seitsemään erivaiheeseen:

1. Diagnoosi
2. DFM -tavoitteiden asettaminen
3. Päätoimintojen määrittely
4. Kehitysparametrien ja suunnitteluideoiden selvitys
5. Konseptisuunnittelu
6. Erittely ja valinta
7. Siirtyminen tuotesuunnitteluun

DFM Diagnoosi

Ennen kuin minkäänlaista suunnittelutyötä aloitetaan, on tutkittava yrityksen tämän hetkiset tuotteet ja se, kuinka valmistus- ja kokoonpanoprosessi on järjestetty. Yleensä valmistettavuuden kehitysprojektilla pyritään yhden olemassa olevan tuotteen korvaamiseen tai oikeastaan koko tuoteperheen ja sen asiakaskohtaisten variaatioiden korvaamiseen. Kehitysprojektin aikana on tärkeää tutkia, miten valmistus voidaan yhdistää toisiin tuoteperheisiin. Tämä tieto on tärkeää, kun aletaan suunnitella seuraavia tuotepihe variaatioita.

Seuraavana vaiheena diagnoosin teossa on nykyisten tuotteiden valmistettavuuden arviointi. Tässä vaiheessa on tärkeä muistaa, että muuttuvat kustannukset ovat vain yksi monista tekijöistä mitä arvioida ja ottaa huomioon.

Ennen kuin DFM -tavoitteita voidaan asettaa, tulisi tutkia kilpailevia tuotteita. Benchmark -tuotteeksi voidaan valita yrityksen sisältä tuote, jonka kanssa uusi tuote tulee kilpailemaan tai jonka se tulee syrjäyttämään. Tässä voidaan myös käyttää kilpailevan yrityksen tuotteita. Tällä vaiheella haetaan sitä, että suunnittelussa osataan ottaa huomioon ne asiat, joilla tulevaisuudessa pystytään toimimaan kilpailukykyisenä markkinoilla takaamaan tuotteelle pidempi elinkaari. (Lempiäinen;ym., 2003)

DFM tavoitteiden asettaminen

Yrityksen johdon tulee asettaa selvät ja kunnianhimoiset tavoitteet uudelle tuotteelle. Tavoitteiden tulee olla sellaiset, että suunnittelutiimille on täysin selvää, mitä ollaan suunnittelemassa ja tiimi tiedostaa ne ominaisuudet, joita tulevan tuotteen tulee toteuttaa. Tässä vaiheessa voidaan myös hyödyntää asiakastarpeita, jotka saadaan myyntiorganisaation kautta. Näin saavutetaan tuotteelle hyvä kilpailukyky tulevaisuudessa.

Tavoitteiden tulisi kohdistua niihin seitsemään alueeseen, jotka aiemmin mainittiin. Nämä eivät ole keskenään yhtä tärkeitä ja tulisikin päättää miten painotus kullekin alueelle jaetaan. Pääpainona kuitenkin suunnittelun tulisi keskittyä tuotteen hyvään valmistettavuuteen. Keskimääräinen parannus nykyiseen ei aina välttämättä riitä kilpailuedun saavuttamiseen, joten suunniteltava tuote pitää olla kilpailukykyinen kilpailijan seuraavaa tuotesukupolvea vastaan. Hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi tulee projektiryhmällä ja yrityksen johdolla olla täydellinen yhteisymmärrys asetetuista tavoitteista. (Lempiäinen;ym., 2003)

Päätoimintojen määrittely

DFM -analyysin perustaksi tulee tuotteen päätoiminnot olla selvät ja samalla tulee ottaa huomioon asiakkaiden odotukset tuotteelle. Asiakstarpeiden määrittely auttaa näiden ominaisuuksien selvittämisessä.

Tuote voidaan pilkkoa päätoimintoihin, jolla selkeytetään suunnittelua ja voidaan keskittyä aina yhtiön osa-alueeseen kerrallaan ja pyritään keksimään paras mahdollinen tapa toiminnolle.

(Lempiäinen;ym., 2003)

Kehitysparametrien ja suunnitteluideoiden selvennys

DFM:ssä kaikki suunnitteluideat pyrkivät takaamaan parhaan mahdollisen valmistettavuuden ilman, että tingitään tuotteen laadusta. Kun kaikki suunnitteluideat yhdistetään, saadaan aikaan konseptisuunnitelma. Ennen kuin ideoiden yhdistäminen on järkevää, tulee projektiryhmän vakuuttua siitä, että ideoita, jotka ovat kannattavia on tarpeeksi. Tämän vaiheen päätavoitteena on parantaa yleistä tuotteen valmistettavuutta ja sitä kautta saada tukea asiakstarpeiden täyttämiseksi.

Suunnitteluideoita tulee arvioida ja niille tulee määritellä parametrit. Yleensä arviointikriteereihin sisältyy lista valmistettavuuteen liittyvistä asioista sekä tärkeistä teknisistä vaatimuksista. Arviointiparametrit tulee asettaa kaikille päätoiminnoille ja tuotteen neljälle päätasolle – yritystaso, tuoteperhetaso, rakennetaso ja komponenttitaso. Erytisen tärkeää on, että yrityksen johto on määrittelemässä näitä arviointiparametrejä, koska ne sisältävät asiat, joilla määritellään yrityksen tuotekehityksen lähitulevaisuus. (Lempiäinen;ym., 2003)

Konseptisuunnittelu

Edellisessä vaiheessa syntyneisiin DFM -ideoihin perustuen voidaan aloittaa konseptisuunnittelu- vaihe. Tässä vaiheessa on tärkeää pyrkiä luomaan erilaisia tuotekonsepteja ja vertailla niitä keskenään, jotta voidaan valmistaa optimaalisin tuotekonsepti. Vaihtoehtoja tulisi olla useita minkä välillä vertailua suoritetaan, koska silloin on vaarana, että optimaalisimpaan tilanteeseen ei päästä ja lopullisesta tuotteesta voi tulla kallis ja kilpailukyvytön.

Konsepteja tulisi luoda siten, että jokainen seuraavista osa-alueista olisi ollut suunnittelu tärkeimpänä ajatuksena:

- Valmistuskustannukset
- Laatu
- Joustavuus
- Riskienhallinta
- Läpimenoaika
- Ohjattavuus
- Ympäristövaikutukset ja elinkaari

Näiden ominaisuuksien perusteella suunnitellaan konsepteja, joissa korostuu kyseinen ominaisuus. Lisäksi näiden suunnitelmien perusteella pyritään rakentamaan muutamia vaihtoehtoja tulevasta tuotteesta. Nämä konseptit arvioidaan ja niiden ominaisuudet eritellään seuraavassa prosessin vaiheessa.

Konseptisuunnittelun tulee kulkea kaikkien neljän päätason kautta. Alkaen yritystasolta ja päättyen komponenttitasolle. (Lempiäinen;ym., 2003)

Erittely ja valinta

Kun ollaan varmoja siitä, että aiemmin asetetut DFM -tavoitteet ja -päämäärät voidaan toteuttaa suunnitelluilla konsepteilla, on tehtävä valinta parhaiden vaihtoehtojen välillä. Valinnan avuksi voidaan laatia ominaisuusmatriisi, jolla selvitetään kunkin konseptin ominaisuudet ja niiden vaikutukset tuotteelle ja kilpailukyvyille. Matriisin pilkkominen pienempiin osa-alueisiin, kuten ominaisuuksien tai kustannusten mukaan helpottaa arvioinnin suorittamista.

Voi olla mahdollista, että kaikki konseptivaihtoehdot sopivat asetettuihin laatutavoitteisiin tai ne voivat olla keskenään hyvin erilaisia siitä, miten kussakin toiminnalliset ratkaisut on toteutettu. On muistettava, että DFM ohjaa parempaan valmistettavuuteen unohtamatta laatua. Joten arviointi voi olla haasteellista. (Lempiäinen;ym., 2003)

Siirtyminen tuotesuunnitteluun

Todellinen tuotekehitysprojekti myytäväksi tuotteeksi voidaan aloittaa siinä vaiheessa, kun yrityksen johto on vakuuttunut valitusta DFM -konseptista. Tämä tarkoittaa sitä, että konsepti hyväksytään tulevaisuudessa myytäväksi tuotteeksi.

Prosessin aikaisemmat askeleet voidaan käytännössä suorittaa milloin vain, jos yrityksessä on tarpeeksi resursseja prosessin suorittamiselle ja valmiiden konseptien luomiselle. Seitsemäs ja viimeinen prosessin askel tulee kuitenkin toteuttaa juuri oikealla ajoituksella ja silloin kun ollaan varmistettu siitä, että yritys on valmiina tuotantoon ja on varmaa, että markkinoilla on tuotteelle kysyntää. Siirtyminen konseptisuunnittelusta tuotesuunnitteluun on kriittisin vaihe koko prosessissa ja siksi on tärkeää, että konseptivaiheessa tehdyt päätökset ovat tarkkaan harkittuja, ettei tuotesuunnitteluvaiheesta tarvitse palata enää takaisin. Projektipäälliköllä on suuri vastuu huolehtia siitä, ettei tuotteen perusolemus muutu siirryttäessä yksityiskohtaiseen tuotesuunnitteluun. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.6 Tuote

Nykyään valmistettaville tuotteille asetetaan erinäisiä vaatimuksia ja ominaisuuksia, mitä sen tulee täyttää ja joskus nämä vaatimukset ovat ristiriidassa keskenään. Tuote- ja konseptisuunnittelussa onkin tärkeää päättää, mitkä tuotteen ominaisuudet ovat juuri ne tärkeimmät. Tuotteelle asetettuja vaatimuksia voivat olla:

- **Toiminnot**

Tuottavan yrityksen kannalta on tärkeää, että suunniteltu tuote pystyy toimimaan juuri kuten halutaan ja se täyttää sille asetetut vaatimukset niin laadun, ulkonäön kuin kestävyysnäkökulmasta. Näiden lisäksi tulee tuotteen täyttää asiakkaiden vaatimat ominaisuudet.

- **Kustannukset**

Tuote tulee olla valmistettavissa siten, että sen kustannukset eivät kohoa liian korkeiksi ja että se on halvempi valmistaa kuin kilpailijan vastaava tuote.

- **Turvallisuus**

Missään tilanteessa ei edes väärin käytettynä myytävä saa aiheuttaa vaaraa sen käyttäjälle.

- **Käytettävyys**

Tuotteen tarjoamat ominaisuudet tulee olla helposti käytettävissä ilman, että niiden käyttöön tarvitaan monimutkaisia ohjeita.

- **Ergonomia**

Tuotteen tulee olla helppo käyttää ja jos tuote sisältää ihminen-kone -liitynnän tulee sen olla looginen ja selkeä.

- **Kokoonpanopakkaukset**

Nykyään on ensiarvoisen tärkeää, että kaikki tuotteen sisältämät pakkaukset ovat kierrätettäviä ja tuote on helposti saatavissa pakkauksesta sekä niiden on oltava käsittelypisteessä oikeassa asennossa ja helposti saatavilla.

- **Kuljetuspakkaukset**

Kuljetuspakkauksen tehtävä on suojata tuotetta kolhuilta sekä niiden täytyy mahdollistaa tarvittaessa automaattinen käsittely.

- **Huolto**

Tuotteen osien on oltava helposti vaihdettavissa ja korjattavissa sekä jos laite sisältää diagnostiikkaa tulee sen olla niin kutsuttua itsediagnostiikkaa. Lisäksi laitteessa tulisi olla mahdollisimman vähän määräaikaishuoltoja sisältäviä osia.

- **Kierrätettävyys**

Kaikissa laitteen/tuotteen osissa tulee olla materiaalimerkinnot kierrättämisen helpottamiseksi. Lisäksi laitteen sisältämien komponenttien tulee olla vaarattomia ympäristölle.

Tuotteen valmistuksesta aiheutuvia muuttuvia kuluja mitataan tarkkaan, mutta osaan kohdistuu myös monia erilaisia kiinteitä kuluja. Osa tai siihen sisältyvä komponentti ajatellaan yrityksen sisällä nimikkeenä. Nimike on se nimitys osalle, mitä ylläpidetään yrityksen tiedonhallintajärjestelmissä ja näin ollen nimikkeelle voidaan katsoa liittyväksi kuluja, joita syntyy, kun nimike perustetaan ja sitä ylläpidetään. Uusi nimike aiheuttaa myös henkilöstökuluja, koska uusi osanimike on ostettava tai valmistettava. Uusista nimikkeistä voi aiheutua myös inventointivirheitä ja aluksi niissä voi olla mittaheitoja eli epäkuranttiudesta johtuvat virheet myös aiheuttavat kuluja. Nimike on myös varastoitava, jotta se on nopeasti tuotannon käytettävissä. Varastoinnista aiheutuu automaattisesti kuluja yritykselle, mutta myös nimikkeen poistaminen varastosta tai tietokannasta aiheuttaa kuluja. Kun ollaan osan/nimikkeen elinkaaren siinä vaiheessa, että se tarvitsee revisiointia taikka versiointia, voi näistä aiheutua sekaannuksia varastoinnissa ja tuotannossa, jolla on taas suora vaikutus kustannuksiin. (Lempiäinen;ym., 2003)

Perustettaessa uutta nimikettä on oltava varovainen, koska jokainen uusi nimike rasittaa yrityksen tuotantojärjestelmää ja näin ollen lisää kiinteitä kuluja. Nimike määrän hallintaan on olemassa keinoja kuten esimerkiksi kaikessa yksinkertaisuudessaan "Älä koskaan suunnittele osaa, jonka voit ostaa luettelon perusteella". (Lempiäinen;ym., 2003)

Symmetriaa on hyvä hyödyntää suunnittelussa ja jopa liioitella sitä, koska tällöin voidaan yhtä ja samaa nimikettä käyttää niin oikealla kuin vasemmallakin puolella. Suunnitteluvaiheessa olisi pyrittävä nimeämään ja ryhmittelemään eri osa- ja tuoteperheet sekä niiden jäsenet, jotta erilaistenkin tuotteiden välille voitaisiin rakentaa yhteys, ja samojen osien käyttö olisi mahdollista tuoteperheiden välillä. Tällä keinolla voidaan lisätä tiettyjen nimikkeiden tilausmääriä ja yleensä sillä on positiivinen vaikutus osan kustannusrakenteeseen. Lisäksi käytettävät liitosmenetelmät kannattaa valita jo suunnittelun aikaisessa vaiheessa. Tällöin voidaan luoda yrityksen sisälle oma standardi, mitä liitosmenetelmiä tullaan käyttämään ja esimerkiksi ruuviliitoksissa voidaan vakioda pituuksia sekä kantamuotoja. (Lempiäinen;ym., 2003)

Koska liitososat voivat muodostaa ison osan tuotteen nimikkeistä, on senkin takia järkevää yrittää vakioida liitosmenetelmiä. Tämä edes auttaa myös kokoonpanopisteen siisteyden ja järjestyksen ylläpitämistä, koska erilaisia ruuveja ja työkaluja ym. ei tarvitse varastoida työpisteellä useita erilaisia. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuotteen ollessa asiakaskohtaisesti räätälöitävä on mietittävä, miten tuote voidaan räätälöidä vasta kokoonpanon ihan loppuvaiheessa. Räätälöinnin siirto viimeiseksi työvaiheeksi edesauttaa perustuotteen tuotannon läpimenoaikaa, koska silloin kokoonpanotyö ei häiriinny räätälöidyistä osista ja kokoonpanossa voidaan keskittyä ainoastaan perustuotteen valmistukseen. Lisäksi tällaisella muutoksella voidaan edesauttaa perustuotteen vuosittaista valmistusmäärää ja näin ollen kokoonpanotyön kustannukset tulevat alenemaan. Lisäksi linjamaista tuotantoa ajatellen voidaan linjatyöpisteet suunnitella ilman että räätälöintiä tarvitsee huomioida, vaan voidaan keskittyä rakentamaan linjasta mahdollisimman tehokas vakiotuotteen tuottamiselle. Myös varaston ja logistiikan työ helpottuu, kun kaikkien osien ei tarvitse olla samanaikaisesti saatavilla yhdelle kokoonpanopaikalle. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.7 DFA

DFA eli Design for Assembly on tuotekehitysmenetelmä, jossa suunnittelun pääpainona on tuotteiden kokoonpantavuus. DFA -periaatteen tavoitteena on tuotteen ja sen rakenteen sekä sitä kautta muodostuvan kokoonpanotyön yksinkertaistaminen. Hyvin usein tuotteen yksinkertaistaminen tarkoittaa tuotteen toimintojen yhdistämistä sekä osien lukumäärän vähentämistä. Aivan kuten DFM on DFA myös ajattelumalli, joka tarjoaa suunnittelijan käyttöön työkaluja sekä neuvoja, joiden avulla tuote saadaan toimimaan paremmin ja luotettavammin. Valmis tuote näyttää siistimmältä ja sen huollettavuus paranee sekä tuotteen aiheuttamat ympäristökuormitukset pienenevät. DFA -tyylisellä suunnittelulla pyritään luomaan tuotteelle modulaarinen rakenne, jonka avulla voidaan helpottaa asiakaskohtaista räätälöintiä. Ja aivan kuten DFM -suunnittelussa on myös DFA:n ehtona tuotekehitystiimin ja kokoonpanotiimiin hyvä yhteistyö. (Lempiäinen;ym., 2003)

Vaikka valmistettavuuden huomioiminen suunnittelussa on tärkeää, voidaan hyvää kokoonpantavuutta pitää jopa tärkeämpänä asiana tuotteen suunnittelussa. Perusteena kyseiselle väitteelle voidaan yksinkertaisesti sanoa, että kokoonpanotyö vaatii enemmän työvoimaa kuin osien valmistus. Lisäksi, koska DFA:n yksi perusajatuksista on osien lukumäärän vähentäminen, jolla on suoranaiset vaikutukset yrityksen kiinteisiin kuluihin, on hyvä peruste DFA:n tärkeydestä. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuoterakenteeseen sisältyvien osien tarpeellisuudesta on kehitetty kokoonpantavuuden teoriaa. Kehittäjänä tälle teorialle on toiminut Professori Geoffrey Boothroyd ja hänen oppiensa mukaan on olemassa kolme hyväksyttävää syytä osan tarpeellisuudesta. (Lempiäinen;ym., 2003)

1. Jos tuotteen toiminnan kannalta on välttämätöntä, että osan tulee olla eri materiaalia kuin viereiset osat on silloin hyväksyttävää, että osa on erillinen.
2. Jos osan on liikuttava viereisiin osiin nähden eikä kyseistä liikettä voida aikaan saada osan materiaalia tai muodon elastisuutta hyväksi käyttäen, on silloin hyväksyttävää, että osa on erillinen.
3. Tuotteen purku ja kokoonpano on oltava mahdollista, eli osan tulee olla vaihdettavissa, on silloin hyväksyttävää suunnitella erillinen osa.

Yllä mainituissa välttämättömyyskriteereissä ei oteta millään tavalla huomioon esimerkiksi ulkonäköseikkoja sekä sitä, miten osat tullaan kiinnittämään toisiinsa. On siis selvää, että jokaiseen kaupalliseen tuotteeseen suunnitellaan tarkoituksella turhia osia. (Lempiäinen;ym., 2003)

DFA:han liittyy myös indeksejä, joiden avulla voidaan selvittää ja vertailla kokoonpantavuutta, huollettavuutta ja purettavuutta. Näitä indeksejä ei tulla tässä työssä käymään läpi.

3.8 DFA tarpeen arviointi

Yhdistämällä tuotteen eri osien toimintoja yhteen ja samaan osaan voidaan vähentää kokoonpanosta huomattava määrä erilaisia käsittelyvaiheita sekä liitosten määrää. Näistä kahdesta varsinkin liitos on todella potentiaalinen laaturiski. Lisäksi kuten jo aiemmin on mainittu, on osien vähentämisellä suora vaikutus tuotteesta aiheutuviin kiinteisiin kuluihin vaikkakin niitä ei välttämättä voida suoraan osoittaa kuuluvaksi johonkin tiettyyn konstruktiin. Osien yhdistäminen yhdeksi osaksi todennäköisesti monimutkaistaa osan rakennetta ja ulkomuotoa. Nykyään käytössä olevat valmistusmenetelmät kuten CNC-työstötekniikat, mahdollistavat tällaisten monimutkaisten osien suunnittelun ja suunnitteluvaiheessa ei ole niin paljon muotorajoitteita kuin ennen.

Osa mikä voidaan jättää pois tuotekonstruktiosta vaikuttaa kiinteisiin kuluihin monin eri tavoin. Sillä konstruktiosta pois jäänyttä osaa ei tarvitse suunnitella eikä siitä tarvitse valmistaa prototyyppiä. Eikä silloin myöskään osaa tarvitse valmistaa kokoonpanoa varten, eikä silloin tarvitse valvoa onko osa saapunut varastoon. Pois jätettyjä osia ei myöskään tarvitse testata eikä varastoida. Myöskään niitä ei tarvitse kierrättää, hävittää, ostaa ja kuljettaa. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuotteen asentaminen sisältää käytännössä kolme eri vaihetta. Kokoonpano alkaa sillä, että ihminen tai kone noutaa asennettavat osat varastosta, jonka jälkeen noudettuja komponentteja joudutaan käsittelemään ja paikoittamaan toisiinsa ja viimeisenä vaiheena osat liitetään toisiinsa. Näin ajateltuna voidaan todeta kokoonpanon helppouden olevan suoraan verrannollinen komponenttien määrään, jotka joudutaan noutamaan, erikseen käsittelemään sekä liittämään toisiinsa. Jo näiden syiden takia on tärkeää miettiä jo suunnitteluvaiheessa sitä, miten tuote tullaan kokoamaan ja miten siihen liittyvät komponentit varastoidaan sekä onko niiden käsittely helppoa. (Ullman, 2010)

Tuotteen kokoonpantavuutta voidaan arvioida noudattamalla sitä varten laadittuja ohjeita ja sääntöjä. Arviointi voidaan suorittaa viiden eri vaiheen avulla:

1. Tuotteessa olevien komponenttien määrä tulee minimoida.

Ensimmäinen vaihe kokoonpantavuuden arvioinnissa perustuu komponenttien ja/tai alikokoonpanojen määrään tuotteessa. Komponenttien lukumäärää arvioidaan vertailemalla arviointua osien minimimäärää mikä olisi mahdollista siihen mikä on sen hetkisen suunnittelun minimimäärä. Komponenttien minimimäärän selvittämiseen on olemassa ohjeet. Tämä prosessi voidaan kuvata seuraavalla tavalla:

a. Selvitä komponenttien lukumäärän teoreettinen minimilukumäärä

Tutki jokainen vierekkäinen toisiinsa liittyvä osa nähdäksesi onko kyseinen liityntä tarpeellinen toteuttaa erillisillä osilla. Tähän tulee ottaa mukaan myös kiinnitykseen liittyvät komponentit, kuten pultit, mutterit ja kiinnitysklipsit. Tutki nämä tuotteet Professori Geoffrey Boothroyd luomien oppien mukaan, jotka on esitelty työn aikaisemmassa vaiheessa. Näitä oppeja noudattamalla voidaan määrittää osien tarpeellisuus olla erinäisiä ja mitkä osat voidaan yhdistää yhdeksi osaksi. Kun koko tuote on käyty läpi esittämällä nämä kolme kysymystä jokaiselle osalle, on silloin saatu määritettyä teoreettinen minimimäärä osille. (Ullman, 2010)

b. Selvitä onko tuotteella potentiaalia parannukseen.

Tuotteen arviointia varten voidaan laskea parannuspotentiaalın prosentti käyttämällä kaavaa:

$$\text{Parannuspotentiaali \%} = \frac{\left(\frac{\text{Nykyisen kokoonpanon osien lkm}}{\text{Teoreettinen minimi määrä osille}} \right) - 1}{\text{Nykyisen kokoonpanon osien lkm}}$$

Kaava 1. Parannuspotentiaalın laskeminen (Ullman, 2010)

c. Tuotteen arviointi

- Jos laskennan tulos on vähemmän kuin 10 % on silloin suunnittelu loistavalla tasolla.
- Jos saatu tulos on 11 % ja 20 % välillä voidaan suunnittelun olevan erittäin hyvää
- Jos laskennan tulos on 20 % ja 40 % välillä on suunnitelma silloin hyvä
- Jos laskennan tulos on 40 % ja 60 % välillä on suunnitelma silloin tyydyttävä
- Jos laskennasta saatu tulos on suurempi kuin 60 % on sen hetkinen suunnittelu huono.

Tämä ei tietenkään kerro absoluuttista totuutta siitä kannattaako suunnittelua muuttaa, esimerkiksi jos vaikka osien määrää tuotteesta voidaan vähentää monimutkaisimmilla osilla, joiden valmistaminen vaatii erikoistyökaluja ja -ammattitaitoa, on mietittävä, onko tuotteen myyntivolyymit niin suuria, että niillä voidaan kattaa valmistuksesta ja suunnittelusta aiheutuvia kuluja. (Ullman, 2010)

Kun tuote on suunniteltu uudestaan jatka selvittämällä paljonko todellisuudessa parannusta saatiin aikaan uudelleen suunnittelulla. Todelliselle parantamiselle on myös laskentakaava:

$$\text{Todellinen parannus} = \frac{(\text{Osien Lkm alkuperäisessä suunnitelmassa}) - (\text{Uudelleen suunnitellun kokoonpanon osien lkm})}{\text{Alkuperäisen suunnitelman osien lkm}}$$

Kaava 2. Todellinen parannusprosentti. (Ullman, 2010)

Yleensä parannusprosentti pyörii 30 % - 60 % välissä, joka saavutetaan juurikin osien lukumäärän vähenemisellä kokoonpanossa. Saatuja tuloksia pitää katsoa myös monesta eri kulmasta ja verrata tuloksia ja uutta suunnitelmaa aikaisempiin suunnitteluprosessin vaiheisiin, kuten esimerkiksi voidaan uudella suunnittelulla täyttää kaikki tuotteelle asetetut toiminto- tai asiakasvaatimukset. Joskus osien määrän vähentäminen voi aiheuttaa tuotteen lopullisen laadun heikentymistä (Ullman, 2010).

2. Käytä mahdollisimman vähän erilaisia kiinnikkeitä.

Yksi tapa vähentää osien lukumäärää on yhtenäistää kiinniketyyppejä ja pyrkiä sitä kautta vähentämään erilaisten kiinnikkeiden lukumäärää. Tämä on järkevää monista muistakin erisyistä. Ensinnäkin jokainen kokoonpanossa oleva kiinnike tuo mukanaan monta muutakin komponenttia, kuten kokoonpanossa oleva pultti voi vaatia kokoonpanoon lisäksi mutterin ja aluslevyt kummallekin puolelle kiinnitettäviä osia ja DFA:ta ajatellen pahin mahdollinen tilanne saadaan aikaan, kun toisen aluslevyistä on oltava tyypiltään lukitseva. Tällöin yhden pulttiliitoksen osa määrä on neljä erilaista komponenttia. Lisäksi jokainen kokoonpanossa oleva pulttiliitos lisää kokoonpanoon kuluvaan aikaan, koska jokainen liitoksen komponenteista vaatii käsittelyaikaa.

Toisena, jokainen kiinnityskomponentti aiheuttaa lisää kustannuksia tuotteelle. Kustannuksia syntyy kiinnittimien hankinnasta, varastoinnista ja tarvikemäärän seurannasta sekä pitää myös muistaa, että kiinnittimien laatua on myös valvottava. Kolmas asia, joka tulee muistaa, on se, että kiinnittimiin kohdistuu jännityskeskittymiä ja näin ollen jokainen liitos on mahdollinen paikka, mihin tuotteessa voi tulla jokin vaurio mikä estää tuotteen toiminnan tai vaarantaa sen käyttäjän.

Lisäksi on hyvä muistaa, että jokainen eri kiinnitintyyppi vaatii oman työkalunsa kiinnityksen toteuttamiseen. On järkevää pyrkiä standardoimaan kiinnittimet niin että voidaan käyttää mahdollisimman paljon samaa työkalua. Tällöin kokoonpanopisteestä voidaan minimoida tarvittavien työkalujen määrä ja näin ollen alentaa työkaluista syntyviä kustannuksia.

Nämä neljä edellä mainittua syytä jo itsestään selittävät sen miten tärkeää on pyrkiä vähentämään kiinnikkeiden määrää tuotteesta. Suunniteltaessa korkean myynnin omaavia tuotteita kannattaa miettiä klipsikiinnikkeiden suunnittelua tuotteeseen, kun taas matalan volyymin tuotteissa kannattaa pyrkiä standardoimaan kaikki siihen liittyvät kiinnittimet. (Ullman, 2010)

3. Suunnittele tuotteeseen "perusosa" mihin muut osat voidaan paikoittaa.

Pyri suunnittelemaan tuote niin, että siihen sisältyy jokin perusosa, mihin kaikki muut tuotteen osat tullaan asentamaan. Perusosan tulisi olla suunnittelultaan sellainen, että se määrittää muiden osien paikat, kiinnitykset, suunnat ja antaa tuotteelle sen vaatiman kestävyysden. Täydellisesti suunniteltu tuote tämän periaatteen pohjalta voidaan rakentaa kuin kerroskaku. Eli jokainen osa tai alikokoonpano asennetaan tietyssä järjestyksessä ja niin, että seuraava osa tulee edellisen osan päälle. Tällaisella tyyllillä voidaan helposti rajoittaa mahdollisuudet tuotteen kokoamiselle ja mahdollisuus väärin tehdyille kokoonpanolle voidaan minimoida, jonka seurauksena tuotteen laatu paranee. Ilman tuotteen perusosaa voi kokoonpanossa joutua suorittamaan turhia osan kääntöjä, jotka vaativat aikaa sekä voidaan joutua käyttämään turhia kiinnikkeitä. (Ullman, 2010)

4. Suunnittele tuote ja sen perusosa niin ettei sitä tarvitse kääntää tai uudelleen sijoittaa asennuksen aikana.

Tämän ohjeen tärkeys korostuu varsinkin, jos kokoonpanotyössä käytetään automaatiota tai erityisesti tuotteen asennukseen suunniteltuja koneita, silloin tuotteen perusosan tulee olla suunniteltu siten, ettei sitä tarvitse kääntää. Myös isojen tuotteiden kohdalla on tärkeää, ettei turhia kääntöjä tai sijoitteluja tarvitse tehdä. Isojen tuotteiden kääntäminen ja liikuttelu on hidasta ja voi myös aiheuttaa vaaratilanteen kokoonpanolinjalla. Yleisesti tuote mikä vaatii enemmän kuin kaksi uudelleen sijoittelua, ei asentamista oleva harkittu tarpeeksi hyvin suunnitteluvaiheessa. (Ullman, 2010)

5. Tee kokoonpanon vaiheista tehokkaita.

Teoreettisesti ajateltuna jos tuotteessa on n määrä asennettavia komponentteja, on silloin myös $n!$ määrä potentiaalisia erilaisia asennusjärjestyksiä olemassa. Todellisuudessa jotkin komponentit tulee asentaa juuri oikeassa järjestyksessä, jotta loppukokoonpano on mahdollinen, eli todellisuudessa mahdollisia vaihtoehtoja asennusjärjestyksille on vähemmän kuin edellä mainittu $n!$. Tehokas kokoonpanojärjestys on jossa:

- Kokoonpano on mahdollista muutamalla eri vaiheella.
- Vältetään vahingoittamista komponentteja
- Vältetään hankalia, epävakaita ja epäergonomisia asentoja tuotteelle sekä kokoonpanijalle
- Vältetään monien toisiinsa kytkemättömien alikokoonpanojen muodostamista

Nämä seikat tulee huomioida jo tuotteen suunnitteluvaiheessa, jotta vältytään yllätyksiltä siinä vaiheessa, kun tuotanto kyseiselle tuotteelle aloitetaan. (Ullman, 2010)

Osien vähentäminen konstruktiossa voi joissain tapauksissa aiheuttaa myös ongelmia kokoonpanon suorittamisessa. Varsinkin jos samanaikaisesti yhdellä liitostasolla pitää kiinnittää monta osaa yhtä aikaa kohdalleen. Joskus tällaiset ongelmat voidaan ratkaista, jos kokoonpanon voi suorittaa useampi henkilö yhtä aikaa, mutta on myös tilanteita, jossa lisähenkilöistä ei ole apua osien pienen koon tai heikon näkyvyyden vuoksi. Lisähenkilöt kokoonpanovaiheessa lisäksi aiheuttavat ylimääräisiä henkilöstökuluja. Osista tulisi siis suunnitella sellaisia, että ne ovat yhden henkilön asennettavissa ja asennus vaiheessa voidaan nähdä, että osa paikoittuu oikeaan asentoon. Apukeinoina voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia ohjaintappeja, sokkia, olakkeita ja viisteitä sekä reikiä. Lisäksi ruuvien reiät tulisi suunnitella itsestään keskittäviksi. (Lempiäinen;ym., 2003)

Tuotteessa olevat liitokset tulisi olla tarkastettavissa jo itse kokoonpanija toimesta. Erillisen tarkastajan käytöstä tulisi pyrkiä pääsemään eroon. Virheellisiä kokoonpanoja syntyy helposti, jos tuote sisältää osia, joiden symmetriassa on pieni ero ja/tai tuote on asennettavissa väärinpäin. Kuten aiemmin on jo mainittu, tulisi symmetriaa jopa liioitella, että on selvästi havaittavissa komponentin asennussuunta. Tällöin voidaan ennaltaehkäistä väärinasentamista. Jos symmetriaa ei voida käyttää hyväksi tulisi osaan lisätä jokin lisäpiirre tai merkintä millä väärinasennus voidaan ehkäistä. Lisäpiirteestä aiheutuvat kustannukset ovat minimaaliset verrattuna vakavaan reklamaation ja siitä syntyneeseen takuukäsittelyyn. (Lempiäinen;ym., 2003)

3.9 Modulointi

Modulointi on tuotteen jakamista itsenäisiin osakokonaisuuksiin. Näille osakokonaisuuksille on määritelty vakioidut rajapinnat, joilla kyseinen moduuli voidaan liittää itse pääkokoonpanoon. Vakioitujen rajapintojen ansiosta moduuleita voidaan yhdistää helposti eri tuotevariaatioihin ja näin voidaan muodostaa erilaisia tuotekokonaisuuksia.

Modulointi helpottaa tuotannossa tapahtuvaa asiakaskohtaista räätälöintiä, koska tällöin ei ole välttämättä tarpeellista tehdä muutoksia päätason kokoonpanoon vaan asiakaskohtainen räätälöinti tehdään suoraan kyseiseen moduuliin. Räätälöinti voi muuttaa moduulia huomattavasti, kunhan sille asetetut rajapinnat pysyvät muuttumattomina.

Kun tuotteesta aletaan suunnittelemaan moduulirakennetta, on siihen olemassa erilaisia menetelmiä mitkä auttavat ja helpottavat kehitystyötä. Yksi näistä menetelmistä on MFD (Modular Function Deployment), joka on systemaattinen suunnittelujärjestelmä, jonka tarkoituksena on tuottaa modulaarisia tuoteperheitä. MFD sisältää viisi peräkkäistä vaihetta:

- Asiakastarpeiden määrittäminen
- Teknisten ratkaisujen valitseminen
- Modulaaristen tuotekonseptien muodostaminen
- Modulaaristen konseptien arvioiminen
- Moduulikohtainen suunnittelu

Yksinkertaisesti selitettynä asiakastarpeiden määrittäminen tarkoittaa myynti- tai erikseen määrätyn organisaation keräämään tiedon muuntamista suunnitteluvaatimuksiksi ja tuoteominaisuuksiksi, joka on saatu tuotteen loppukäyttäjältä. Asiakastarpeista voidaan muodostaa ominaisuusmatriisi, jolla voidaan selvittää ominaisuuksien ja tarpeiden vaikutuksia tuotteeseen, sekä miten näistä vaatimuksista hyötyy loppukäyttäjä sekä ennen kaikkea itse yritys.

Seuraavassa vaiheessa, kun ominaisuudet on saatu selvitettyä, on valittava ne tekniset ratkaisut, joilla tuote voidaan valmistaa. Tässä voidaan laatia toimintoanalyysi, joka voi olla esimerkiksi toimintopuu, missä kuvataan kaikki tuotteelta vaaditut toiminnot ja valitut tekniset ratkaisut.

Seuraavaksi on luotava useampi konseptitasoinen suunnitelma tuotteesta, joita arvioidaan muodostamalla esimerkiksi arviointia varten laadittu matriisi, jossa voidaan vertailla teknisiä ratkaisuja tuotteen valmistamiseen. Kaikki mahdolliset moduuliratkaisut tulee myös arvioida toisiinsa liitettävyyden perusteella, joten jo tässä vaiheessa liitännä pinnat tulee suunnitella. Tässä vaiheessa tulee myös selvittää yrityksen tämänhetkisten moduulien määrä ja voidaanko niitä hyödyntää suunnitellussa tuotteessa. Olemassa olevien moduulien hyödyntäminen uudessa tuotteessa vaikuttaa huomattavasti tuotteen suunnittelukustannuksiin, koska olemassa olevaa ei tarvitse enää uudelleen suunnitella.

Viimeinen vaihe prosessissa on uusien moduulien sisäinen suunnittelu, jossa apuna käytetään DFX-menetelmiä. Tässä vaiheessa ei enää tehdä muutoksia moduulin rajapintoihin. (Hietikko, 2018)

Moduloinnin päätarkoitus on saavuttaa massatuotannon edut asiakaskohtaisesti räätälöitäviin tuotteisiin. Moduloinnilla pyritään siihen, että keskenään erilaiset osat voitaisiin valmistaa niille parhaiten

sopivalla paikalla ja jokaiselle tuotteelle parhaiten sopivalla menetelmällä. Moduulien suunnittelussa keskitytään pelkästään niiden sisäiseen rakenteeseen ja aikaisemmissa vaiheissa määritettyjen spesifikaatioiden täyttöön.

Modulointi mahdollistaa tuotteen jatkuvan kehityksen ilman, että tuotteen peruskonstruktioon tarvitsee tehdä minkäänlaisia muutoksia. Moduloidussa tuotteessa voidaan uusia ominaisuuksia ottaa helposti käyttöön, kun liitos- ja rajapinnat on selvästi määritelty. Tämä on yksi tärkein etu, mikä moduloinnilla voidaan saavuttaa. Tämän lisäksi moduloitu tuote on myös periaatteessa helpompi huoltaa. Tätä voidaan perustella sillä, että huoltohenkilöstöä voidaan kouluttaa tiettyjen moduulien huoltoon, jolloin henkilön ei tarvitse keskittyä niin suuriin kokonaisuuksiin. Lisäksi jos moduuli voidaan irrottaa tuotteesta helposti ei asiakkaan tarvitse toimittaa kuin viallinen moduuli huoltoon ja parhaimmassa tapauksessa asiakas voi jatkaa muun tuotteen käyttöä. (Lempiäinen;ym., 2003)

Moduloidulla tuotteella voidaan minimoida yksityiskohtien määrää tuotannossa ja sitä kautta tuotannosta ja sen ohjaamisesta saadaan yksinkertaisempaa. Moduloinnilla saadaan monesti lyhennettyä tuotannon loppukokoonpanon läpimenoaikaa, koska moduulit toimitetaan loppukoontaan omina alikokoonpanoina. Moduloinnin avulla yrityksen toimintaa ja tuotteita saadaan standardoitua. Moduloinnin avulla siis voidaan lisätä tiettyjen osien volyymia tuotannossa ja tämä lisää tilausmääriä sekä lisää toistuvuutta tuotannossa. Sopimusvalmistajalta voidaan tällöin tilata kerralla suurempia määriä, joka vaikuttaa yleensä positiivisesti tuotekustannuksiin.

(Suolahti, 2010)

4 LÄHDELUETTELO

Hietikko, Esa. 2018. *Modulointi - kurssimateriaali.* 2018.

K.G., Swift ja J.D., Booker. 2006. *Process selection From design to manufacture.* s.l. : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006.

KOME Oy. [Online] [Viitattu: 24. Maaliskuu 2019.] <http://www.kome.fi/yritys/>.

Lempiäinen ja Savolainen. 2003. *Hyvin suunniteltu- Puoliksi valmistettu.* 2003.

Piironen, Tomi. 2013. *Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen.* Kuopio : s.n., 2013.

Suolahti, Simo. 2010. *Varioituvan tuotteen valmistus linjassa.* Tampere : Tampereen teknillinen yliopisto, 2010.

Ullman, David G. 2010. *The mechanical design process.* New York : McGraw-Hill Companies, 2010.

