

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

LUT Kone

*Riku Helle*

**OVITUOTTEIDEN ASIAKASKOHTAISET EROAVAISUUDET JA  
VAIKUTUKSET SUUNNITTELUN AUTOMANISOINNILLE**

Salossa 12.05.2017

Tarkastajat Dosentti Harri Eskelinen

TkT Merja Peltokoski

Työn ohjaaja Arto Timonen

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
LUT Energiajärjestelmät  
LUT Kone

Riku Helle

### **Ovituotteiden asiakaskohtaiset erot ja vaikutukset suunnittelun automatisoinnille**

Diplomityö

2017

65 sivua, 25 kuvaa, 9 taulukkoa ja 3 liitettä

Tarkastaja: Dosentti Harri Eskelinen  
TkT Merja Peltokoski

Ohjaaja: Arto Timonen

Hakusanat: Asiakasvaatimukset, suunnittelun automatisointi, modulaarisuus

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää asiakaskohtaisten ovituotteiden erovaihtoehtoja ja tuoda esiin kehityskohteita, jotka toimivat mahdollisesti lähtökohtana ovisuunnittelun automatisoinnille.

Tämä työ on rajattu koskemaan ovituotteiden suunnittelua, sekä suunnittelua ohjaavia asiakasvaatimuksia. Työn hypoteesina on esitetty, että suunnittelun automatisointi tietokonepohjaisella järjestelmällä, modulaarisia tuotteita hyödyntäen, alentaa suunnittelutyöhön käytettävää aikaa ja näin parantaa suunnittelun tuottavuutta.

Työn tuloksena todettiin, että ongelmia nykyiselle ovisuunnittelulle aiheuttavat asiakasvaatimusten puutteellisuus ja ovituotteiden uudelleen suunnittelun tarve. Työn tuloksena todettiin myös, että ovituotteet ovat parhaiten automatisoitavissa parametrisella konfiguraattorilla.

Työn johtopäätöksenä on, että automatisointi edellytyksenä on perusteellinen alkukartoitus nykyisten ovituotteiden rakenteesta ja toimintatavoista sekä tavoitteista mitä automatisoinnilla halutaan saavutettavan ja missä määrin. Suunnittelun automatisoinnin on todettu johtavan hyviin tuloksiin modulaarisia tuoterakenteita käyttämällä.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
LUT School of Energy Systems  
LUT Mechanical Engineering

Riku Helle

### **Door designing customized differences and effects for design automation**

Master's thesis

2017

65 pages, 25 figures, 9 tables and 3 attachments

Examiners: Docent Harri Eskelinen  
D.Sc. (Tech.) Merja Peltokoski

Supervisor: Arto Timonen

Keywords: Customized specifications, design automation, modularity

Purpose of this master of thesis is to clarify customer differences in doors and bring out development areas, which might be start for design automation.

Target for this study is focus on door designing and customer requirements. Hypothesis is presented that using the modular products together with design automation will decrease used time for designing and increase design productivity.

As a result of the study, the door designing biggest problems are imperfection of customized specification and demand of redesigning. Also, was shown that door products are automated with a parametric configuration.

The conclusion was that automated designing needs thorough initial assessment of current structure of door products and methods and recognize the targets what automated designing should be achieved.

## ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Antti-Teollisuus Oy:lle. Haluan kiittää mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiselle teknologiapäällikköä Arto Timosta sekä Antti-Teollisuuden henkilöstöä kaikesta saamasta tuestani työn tekemiseen liittyen.

Kiitän myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston henkilökunnasta työni tarkastajia dosentti Harri Eskelistä ja tekniikan tohtoria Merja Peltokoskea.

Suurin kiitos kuuluu kuitenkin rakkaalle vaimolleni Sanna-Leenalla, joka on mahdollistanut perheen, koulun ja työn yhdistämisen. Kiitos vielä lapsilleni sekä lähimmäisilleni kaikesta saamastani tuesta.

*Riku Helle*

Riku Helle

Salossa 12.05.2017

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### ALKUSANAT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>7</b>
1.1	Työn tausta ja rajaus .....	7
1.2	Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset .....	8
1.3	Työn toteutus ja rakenne .....	8
<b>2</b>	<b>TUOTESTRATEGIAT</b> .....	<b>10</b>
2.1	Asiakasvaatimusten merkitys .....	11
2.2	Tuotteen massaräätälöinti .....	13
2.2.1	Massaräätälöityjen tuotteiden suunnittelu .....	14
2.2.2	Massaräätälöinnin näkyvyys tuotteessa ja sen valmistamisessa.....	16
2.3	Modulaarisuus.....	19
2.3.1	Modulaarisuuden mallit .....	19
2.3.2	MFD-metodi .....	20
2.3.3	Hyödyt .....	23
<b>3</b>	<b>SUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI</b> .....	<b>24</b>
3.1	Suunnitteluautomaatin luominen .....	26
3.2	Käytettävät ohjelmistomuodot suunnitteluautomatisoinnissa .....	28
3.3	Valmiit kaupalliset ratkaisut .....	30
3.4	Modulaarisen tuoterakenteen vaikutus suunnittelun automatisointiin.....	32
<b>4</b>	<b>OVITUOTTEEN SUUNNITTELU</b> .....	<b>33</b>
4.1	Suunnittelu ja sen käyttämät työkalut .....	33
4.2	Suunnitteluprosessit .....	33
4.3	Uuden tuotteen suunnittelu .....	35
4.4	3D-mallinnus .....	36
4.5	Tuoterakenteen luonti .....	36
4.6	Suunnittelun haasteet ja ongelmat .....	37
<b>5</b>	<b>ASIAKASKOHTAISET OVITUOTTEET</b> .....	<b>42</b>

5.1	Oven rakenne .....	44
5.2	Tuotemallistot .....	45
5.3	Asiakaskohtaisten parametrien vaikutus tuotesuunnittelussa. ....	47
<b>6</b>	<b>ASIAKASKOHTAISET MITOITUSEROT .....</b>	<b>48</b>
6.1	Mitat.....	48
6.1.1	Hyttiovet .....	49
6.1.2	Sisustusovet .....	49
6.1.3	Väliovet.....	50
6.1.4	Pariovet .....	50
<b>7</b>	<b>MITOITUSEROJEN ANALYSOINTI.....</b>	<b>51</b>
7.1	Hyttiovet .....	51
7.2	Sisustusovet .....	52
7.3	Väliovet.....	52
7.4	Pariovet .....	53
7.5	Yhteenvedo asiakohtaisista mittaeroista.....	53
<b>8</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>62</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>63</b>

## 1 JOHDANTO

Antti-Teollisuus Oy on vuonna 1952 perustettu perheyritys. Liiketoiminta perustuu viljankäsittelyiden laitteiden ja paloluokiteltujen hyttiovien valmistukseen. Yritys sijaitsee nykyisen Suur-Salon laitamilla Kuusjoella. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä hieman yli 100 ihmistä ja liikevaihto on noin 20 miljoonan luokkaa. Kuvassa 1 on ilmakuva Antti-Teollisuuden tehdasympäristöstä (Antti-Teollisuus 2017.)



**Kuva 1.** Antti-Teollisuuden tehdasympäristö (muok. Antti-Teollisuus 2017).

### 1.1 Työn tausta ja rajaus

Antti-Teollisuudella on pitkä historia paloluokiteltujen hyttiovien valmistuksesta. Nykyiset markkinat sekä hyvät tulevaisuuden näkyvät telakkateollisuudessa ovat johtaneet miettimään yhä tehokkaampia tapoja kasvattaa kilpailukykyä muihin yrityksiin nähden. Kovan kilpailun vuoksi markkinoilla on pystyttävä erottumaan, joustavuuden, laadun ja kustannusten kautta.

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää asiakaskohtaisten ovituotteiden eroavaisuuksia ja tuoda esiin kehityskohteita, jotka toimivat mahdollisesti lähtökohtana ovisuunnittelun automatisoinnille. Kehitystä tuovina ratkaisuna voidaan pitää ratkaisuja, jotka vähentävät suunnittelutyöhön käytettävää aikaa ja tuovat nykyisiä asiakaskohtaisesti eroavaisia

ovituotteita lähemmäs toisiin. Suunnittelutyöhön käytettävä aika on pitkälti riippuvainen ovituotteelle kohdistetuista asiakasvaatimuksista. Asiakasvaatimuksilla tarkoitetaan ovituotteiden osalta asioita, jotka vaikuttavat esimerkiksi tuotteen mittoihin, käytettäviin pintamateriaaleihin ja varusteisiin. Jos suunnitellut ovituotteet eivät kohtaa asiakkaan esittämiä vaatimuksia tai tuote on vaikea valmistettavaksi, on tuloksena yleensä tuotteen uudelleen suunnittelu.

Tämä työ on rajattu koskemaan ovituotteiden suunnittelua, sekä suunnittelua ohjaavia asiakasvaatimuksia. Työn hypoteesina on esitetty, että suunnittelun automatisointi tietokonepohjaisella järjestelmällä, modulaarisia tuotteita hyödyntäen, alentaa suunnittelutyöhön käytettävää aikaa ja näin parantaa suunnittelun tuottavuutta. Suunnittelu automatisoinnilla on tarkoitus poistaa suunnittelijoiden päivittäistä rutiinin omaista työtä. Modulaariset tuotteet koostuvat toiminnallisista osista eli moduuleista, joita yhdistelemällä voidaan luoda erilaisia tuotteita.

## 1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Työn tutkimusongelmaksi on määritelty ovituotteiden korkea suunnittelu-aika sekä asiakaskohtaisesti eroavat ovituotteet. Työn tutkimuskysymykset ovat:

- Mitkä ovat nykyisen ovisuunnittelun haasteet ja ongelmat?
- Mikä vaikutus asiakasvaatimuksilla on suunnittelussa?
- Mitä eroja ja yhtäläisyyksiä on havaittavissa asiakaskohtaisissa ovituotteissa?
- Miten nykyiset ovituotteet soveltuvat suunnittelussa automatisoitavaksi?
- Mikä vaikutus ovituotteiden automatisoinnilla on ovisuunnitteluun?

## 1.3 Työn toteutus ja rakenne

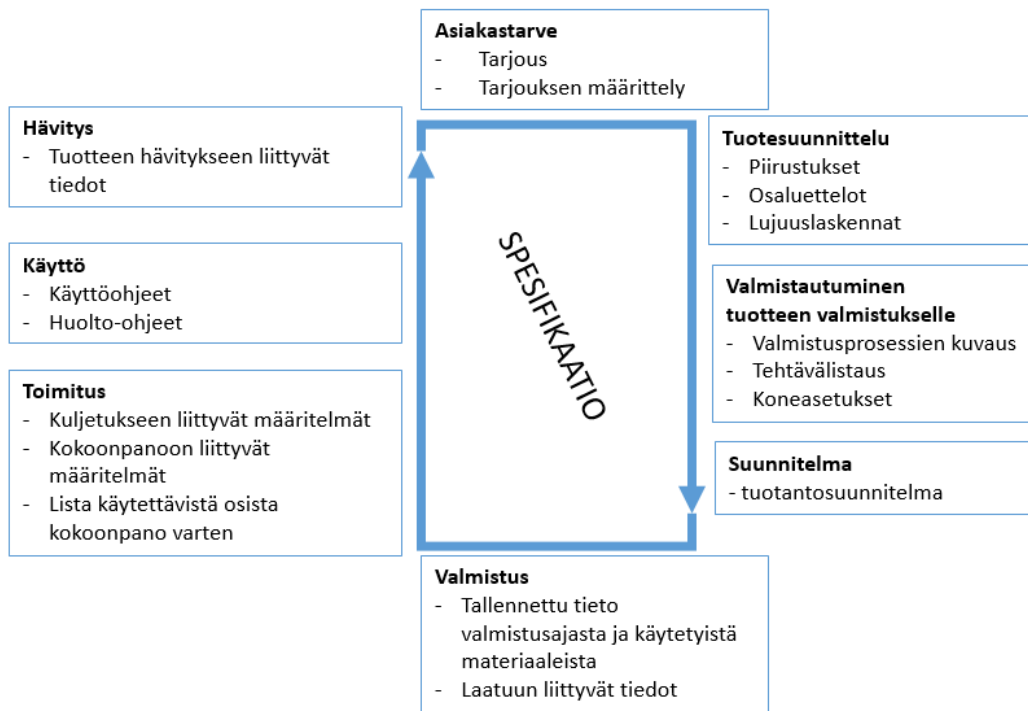
Työssä tutustaan aluksi kirjallisuuskatsauksen kautta, mikä merkitykseen asiakasvaatimuksilla tuotteiden suunnittelussa, käydään läpi massaräätälöinnin tarkoitus ja esiintyvyys tuotteissa sekä tutustaan modulaaristen tuotteiden malleihin ja sen tuomiin hyötyihin. Kirjallisuuskatsaus tutustuu myös suunnittelun automatisointiin, jossa käydään läpi järjestelmän luontia, käytettäviä ohjelmistomuotoja sekä valmiita kaupallisia ratkaisuja sekä tuotestrategian vaikutusta automatisointiin.

Kirjallisuuskatsauksesta siirrytään käsittelemään ovituotteiden suunnittelussa esiintyneitä haasteita ja ongelmia sekä tutkimaan asiakaskohtaisten ovituotteiden yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. Suunnittelussa esiintyviä haasteita ja ongelmia on havainnoitu tutkijan oman ovisuunnittelukokemuksen näkökulmasta. Ovituuotteiden asiakaskohtaisia eroavaisuuksia on tutkittu käymällä läpi ovituotteista suunniteltuja 3D-malleja. Työn lopussa analysoidaan asiakaskohtaisten ovituotteiden yhtäläisyyksien ja erojen merkitystä. Johtopäätöksissä vastataan esitettyihin tutkimuskysymyksiin ja yhteenvedossa tiivistetään tämän diplomityön sisältö.

## 2 TUOTESTRATEGIAT

Teollisten tuotteiden kaupankäynnissä, suunnittelussa ja valmistuksessa asiakas- ja tuotekohtaisilla vaatimuksilla on iso merkitys, koska ne määrittelevät tuotteiden ominaisuudet, mitat sekä muodot. Spesifikaatioilla tarkoitetaan esimerkiksi asiakkaan vaatimuksia, suunnittelun tuottamia osa- ja kokoonpanopiirustuksia sekä tuotteen käyttöohjeita. (Hvam, Mortensen & Riis 2008, s. 18; Osteras, Murthy & Rausand 2006, s. 177; Murthy, Rausand & Osteras 2008, s. 42.)

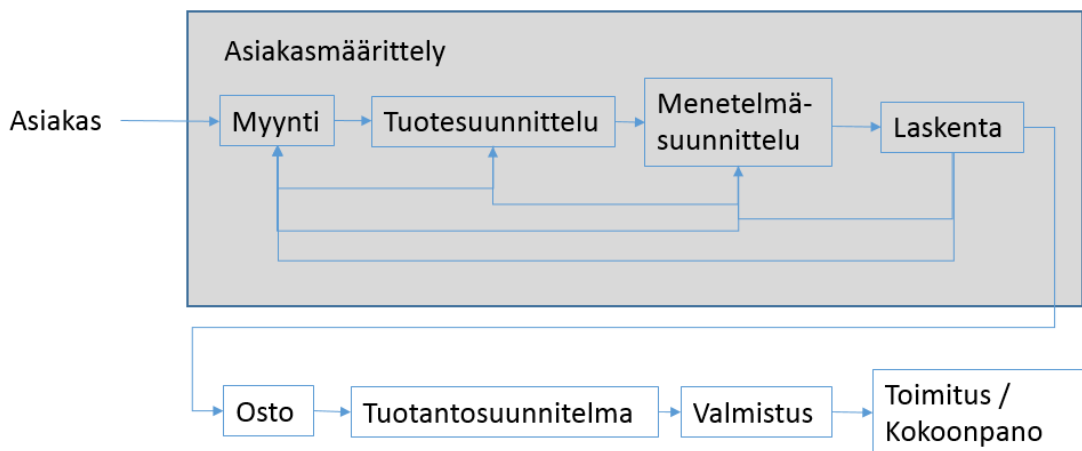
Tuotteen kiertokulku on jaettu kahdeksaan eri vaiheeseen, joissa jokaista vaihetta ohjaa asiakasvaatimusten kautta luotu tuotekohtainen määritelmä eli spesifikaatio. Kuvassa 2 on esitetty, miten spesifikaatio vaikuttaa tuotteen elinkaaren aikana. Ensimmäisessä vaiheessa kaupankäynnin yhteydessä myynti ja asiakas keskustelevat tuotteen ominaisuuksista, jonka pohjalta muodostuu asiakasvaatimus. Asiakasvaatimusten pohjalta tuote siirtyy suunnitteluun, jossa tuotteeseen liittyvät piirustukset tai mahdolliset lujuuslaskelmat tehdään. Suunnitelmien pohjalta tuotanto valmistautuu tuotteen valmistukseen esimerkiksi tekemällä valmistuksessa tarvittavat koneasetukset sekä aikatauluttamalla tuotteen valmistamisen tuotannon yleisaikatauluun. Tuotteen valmistamisesta kerätään laadullista dokumentaatiota, jossa esiintyvät esimerkiksi tuotetta koskevat laatuasiakirjat, kuten esimerkiksi auditointiraportit tuotteen asiakasvaatimusten täyttymisestä. Valmistunut tuote pakataan ja kuljetetaan asiakasvaatimuksissa esiintyneiden määritelmien mukaisesti. Tuotteen mukana asiakkaalle toimitetaan ohjeet, kuinka tuote esimerkiksi kokoonpannaan tai miten tuotetta tulee huoltaa jatkossa. Tuotteen tullessa käyttöikänsä päähän, on tuotteen hävityksestä luotu ohjeistus. (Hvam et al. 2008, s. 18–20.)



**Kuva 2.** Spesifikaatioiden vaikutus tuotteen elinkaareissa (muok. Hvam et al. 2008, s. 18).

## 2.1 Asiakasvaatimusten merkitys

Tuotteen asiakasvaatimusten selkeys tehostaa tuotteiden suunnitteluun käytettävää aikaa ja vähentää mahdollisia suunnitteluvirheitä. Kuvassa 3 on esitetty kaaviotyypisesti, minkälaista tuotteen suunnittelu on alkuvaiheessa, jos suunnittelu ohjaava asiakasvaatimus on puutteellinen. Suunnittelun osalta on nähtävissä, että puutteellinen asiakasvaatimus edellyttää suunnittelua ottamaan yhteyttä myyntiin tuotteeseen kohdistetuista asiakasvaatimuksista, jotta tuotteen suunnittelu voi jatkua. (Hvam et al. 2008, s. 19-20; Ostreras et al. 2006, s. 177.)



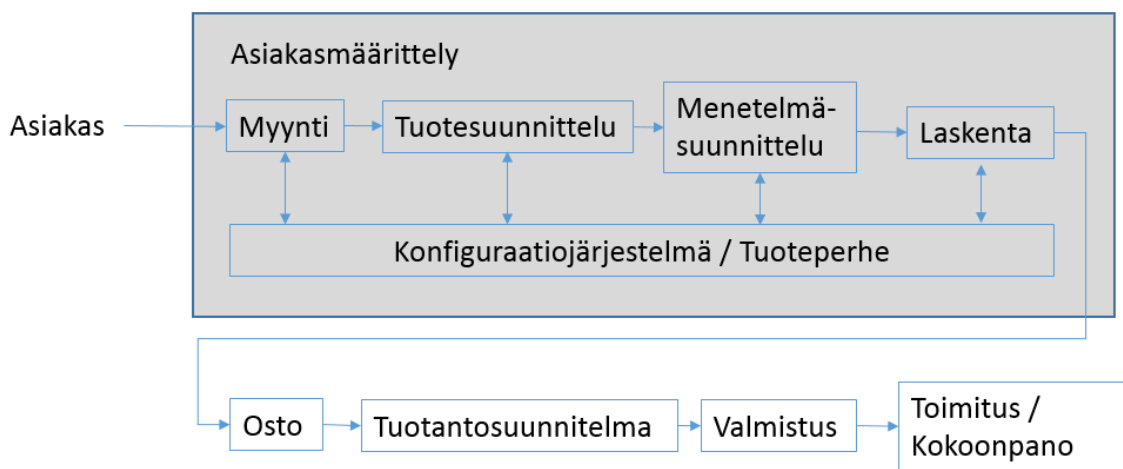
**Kuva 3.** Tuotteen valmistus ilman spesifikaatiota (muok. Hvam et al. 2008, s. 19).

Kaaviosta on havaittavissa, että puutteellisilla asiakasvaatimuksilla on vaikutusta myös muiden tuotteen valmistuksessa mukana olevien vaiheiden toimintaan. Nämä muut vaiheet on kuvattu laatikon sisällä oleviksi, ja niitä ovat myynti, menetelmäsuunnittelu ja laskenta. Näiden vaiheiden osalta on havaittavissa samanlainen ongelma kuin puutteellisilla asiakasvaatimuksilla on tuotteen suunnittelussa. Eli nämä vaiheet joutuvat palamaan pahimmassa tapauksessa aina tuotteen myyntiin asti tuotetta koskevista asiakasvaatimuksista, ennen kuin tuote voi siirtyä kohti valmistusta. (Hvam et al. 2008, s. 19-20; Ostreras et al. 2006, s. 177.)

Voidaan todeta, että puutteelliset asiakasvaatimukset vaikeuttavat tuotteiden suunnittelua ja kasvattavat suunnitteluun käytettävää aikaa. Puutteellisilla asiakasvaatimuksilla on myös vaikutusta myös muihin tuotteen valmistuksessa oleviin vaiheisiin. Tämän tyyppinen tuotesuunnittelu ei anna mitään lisäarvoa itse tuotteelle, ja pahimmassa tapauksessa puutteelliset asiakasvaatimukset kasvattavat vain tuotteen valmistusaikaa, joka todennäköisesti kasvattaa myös tuotteen toimitusaikaa. (Hvam et al. 2008, s. 18–20; Ostreras et al. 2006, s. 177.)

Asiakasvaatimusten pohjautuessa suoraan esimerkiksi yrityksen omaan tuoteperheeseen tai asiakasvaatimusten ollessa selkeästi määriteltyinä, helpottaa se tuotteiden suunnittelua huomattavasti. Kuvassa 4 esitetty tuotteen valmistusmuoto, jossa tuotetta koskevat asiakasvaatimukset on määritelty tuotekohtaiseen konfiguraattoriin. Tuotekohtaiseksi

konfiguraattoriksi voidaan tässä yhteydessä kuvata olevan tuotekohtainen tietopankki, johon on kohdistettu vaatimukset, esimerkiksi mittojen, muotojen, varusteiden tai toimituksen suhteen. Kaaviosta on nähtävistä, että niin suunnittelun kuin myynnin, menetelmäsuunnittelun ja laskennan toimintaa ohjaa myös tuotekohtainen konfiguraattori. Tämän tyyppinen toimintatapa ei aiheuta suunnittelun ja myynnin välistä keskustelua, vaan asiakkaanvaatimukset osataan ottaa huomioon suoraan suunnitteluvaiheessa. (Hvam et al. 2008, s. 20–21.)



**Kuva 4.** Tuotteen valmistus perustuen spesifikaatioon (muok. Hvam et al. 2008, s. 20).

## 2.2 Tuotteen massaräätälöinti

Kaikkien asiakasvaatimusten täyttäminen on tiedostettu olevan vaikea tehtävä toteutettavaksi taloudellisesti kannattavalla liiketoiminnalla teollisuudessa. Asiakasvaatimusten kasvu on osaltaan johtuvainen siitä, että asiakkaat ovat nykyään tietoisia tuotteiden ominaisuuksista ja toiminnosta, jonka vuoksi asiakkaat osaavat vaatia tuotteelta enemmän. Kova kilpailu markkinoista on saanut yritykset kilpailemaan asiakkaista, joka on johtanut tuotteiden massaräätälöintiin, koska sen on todettu kasvattavan asiakasarvoa sekä antavan taloudellista hyötyä valmistajalle. Massaräätälöinnin taustalla on korkea ja monipuolinen tuotevalikoima, joka yhdistettävissä tuotteen valmistajan toimintojen määrän lisääntymiseen sekä myynnin, suunnittelun ja tuotannon tehokkuuden vähenemiseen. Tuoteperheiden ja moduulien käyttö on kuitenkin todettu poistavan tehokkuuden vähenemistä, koska tuoteperheiden ja moduulien taustalla on yleensä tuotekohtaista testausta ja kokeilua, mikä kasvattaa yrityksen sisäistä tuotetietoutta. (Hvam et al. 2008, s. 23–24; Krishnapillai & Zeid 2005, s. 29; Salvador, Forza & Rungtusanatham 2002a, s. 63.)

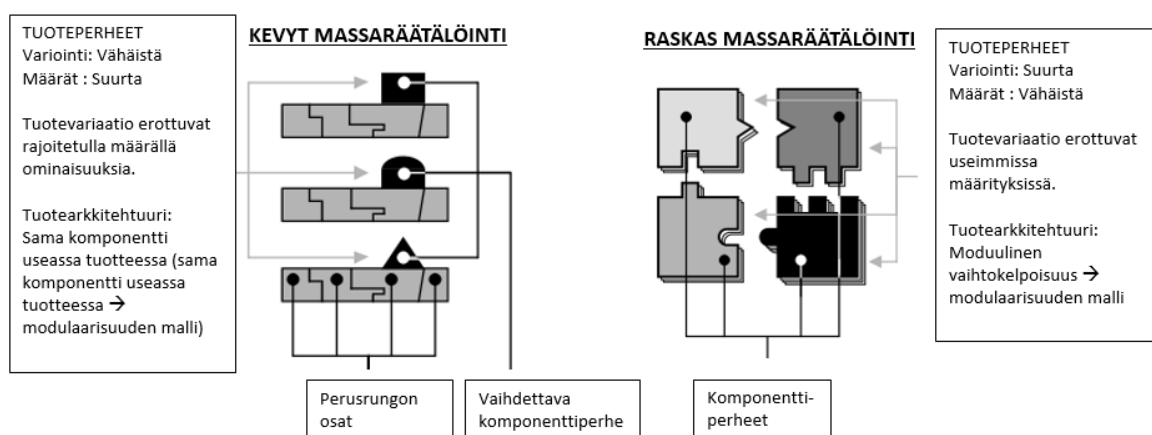
Massaräätälöinnin tarkoituksena on tarjota asiakaskohtaisesti räätälöityjä tuotteita ja palveluita sarjatuotannon tehokkuudella, nopeudella ja kilpailukykyisellä hinnalla. Kilpailukykyinen hinta perustuu valmistajan kykyyn tuottaa suuria määriä tuotteita ilman, että tuotetta koskevat kustannukset nousevat. Jotta tämä olisi mahdollista on valmistajan kehitettävä omia tuotantoprosessejaan joustaviksi ja alhaisen kustannuksen omaaviksi. Usein miten valmistajat ovat lähteneet liikkeelle panostamalla pelkästään tuotannon automatisointiin, kuitenkin huonolla menestyksellä, koska esimerkiksi pitkät valmistusajat ovat heikentäneet automatisoinnin tehokkuutta. Sarjatuotannon tehokkuudella tarkoitetaan valmistajan kykyä kasvattaa tuotevalikoimaa, ilman että, tuotannon valmistusmäärät vähenevät. Sarjatuotannon nopeudella tarkoitetaan valmistajan kykyä vastata asiakasvaatimukseen lyhyellä toimitusajalla sekä nopealla tuotannon valmistusprosessien muutoksella. (Tu, Vonderembse & Ragu-Nathan 2004, s. 375.)

Massaräätelöintiin vaikuttavat asiakastarpeet voivat vaihdella rutkasti asiakkaiden kesken, minkä vuoksi tuotteiden suunnittelu on merkittävässä roolissa, jotta suunniteltavat tuotteet kohtaavat mahdollisimman monen asiakkaan tarpeet. Asiakstarpeiden selvitys voi pohjautua markkinatutkimusten tuloksiin, joita suunnitteluosasto käyttää hyödyksi ennen virallisten suunnitelmien valmistumista. Aina kaikkia asiakastarpeita ei ole mahdollista täysin täyttää, jolloin asiakas joutuu miettimään, valitseeko hän tuotteen, joka ei täysin täytä ennalta tuotteelle asetettuja vaatimuksia. Tämä lähinnä tarkoittaa esimerkiksi tilannetta, jossa asiakkaalle tarjotun tuotteen toimitusaika pienempi ja hinnaltaan halvempi kuin tuotteen, joka suunnitellaan täysin asiakaskohtaisesti. Halvempi hinta ja nopeampi toimitusaika voivat saada asiakkaan muuttamaan mieltä omista tarpeistaan. (Krishnapilla et al. 2005, s. 29.; Khalaf, Agard & Penz 2011, s. 188.)

### 2.2.1 Massaräätelöityjen tuotteiden suunnittelu

Ennen kuin massaräätelöityjen tuotteiden suunnittelu on ajankohtaista, on tutkittava, kuinka paljon markkinoilla esiintyy tarvetta tuotteiden massaräätelöinnille ja minkälaiset mahdollisuudet massaräätelöidyillä tuotteilla on markkinoilla. Tärkeä merkitys on myös tuotevariaatioiden lukumäärällä ja valmistusmäärällä. Jotta tuotevariaatioiden ja näiden valmistusmäärien merkitys olisi helpompi käsittää massaräätelöinnissä, voidaan ne jakaa kahteen eri kokonaisuuteen, jossa tuotevariaatioiden määrä on alhainen ja valmistusmäärä suuri sekä kokonaisuuteen, jossa tuotevariaatioiden määrä on suuri ja valmistusmäärä

alhainen. Kuvassa 5 on esitetty massaräätälöityjen tuotteiden suunnittelulle kaksi mahdollista lähestymismuotoa, kevyt ja raskas massaräätälöinti. Nimet ovat peräisen englannin kielisistä nimityksistä ”Soft Mass Customization” ja ”Hard Mass Customization”. Kevyellä massaräätälöinnillä tarkoitetaan mallia, jossa tuotevariaatioiden määrä on pieni, mutta tuotteiden valmistusmäärä on suuri. Raskaalla massaräätälöinnillä tarkoitetaan mallia, jossa tuotevariaatioiden määrä on suuri, mutta valmistusmäärä on pieni. Kevyen massaräätälöinnin taustalla on rajoittaa tuotevariaatioiden ominaisuuksia, olettaen, että markkinat hyväksyvät rajoitukset. Kevyen massaräätälöinnin lähtökohtana pidetään tuotemodulaarisuuden mallia, jossa saman tuotteen perusrunkoon voidaan liittää erilaisia komponentteja. Kevyen massaräätälöinnin etuina ovat tuoteperheiden suuruus, tuotteen perusrungon pysyessä samana. Eli yritys pystyy pienellä määrällä tuotevariaatioita suuren valmistusmäärään. (Salvador et al. 2002a, s. 62–64.)

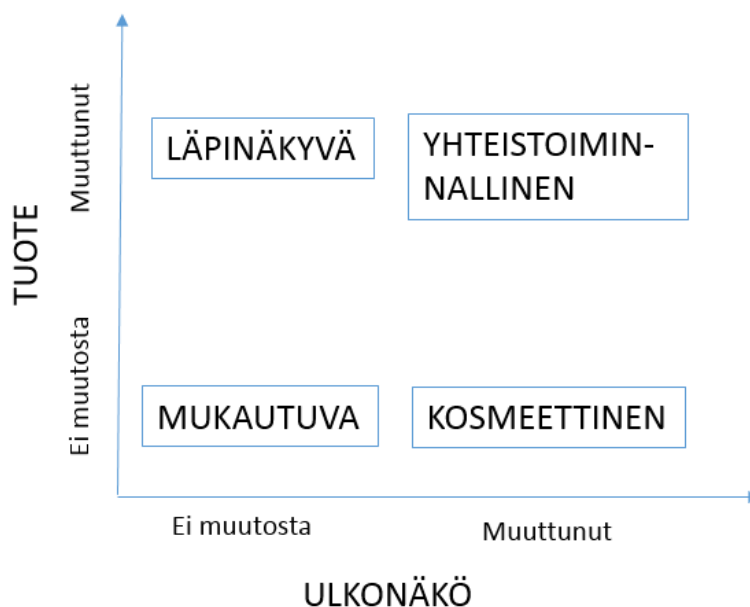


**Kuva 5.** Kevyt ja raskas massaräätälöinti (muok. Salvador et al. 2002a, s. 64).

Raskaan massaräätälöinnissä asiakkaalla on mahdollisuus vaikuttaa täysin tuotteen ominaisuuksiin ja luoda täysin uniikki tuote. Asiakohtaiset vaatimukset kasvattavat tuotevariointien määrää ja hankaloittavat tuotteiden sisältämien komponenttien standardoimista. On esitetty, että raskaan massaräätälöinnin modulaarisuuden mallina voidaan käyttää yhdistelmämodulaarisuutta. Yhdistelmämodulaarisuudessa tuoteperheiden sisältämät komponentit luokitellaan komponenttiperheisiin, jossa jokainen komponentti toimii varianttina. (Salvador et al. 2002a, s. 64–65, Khalaf et al. 2011, s. 118)

### 2.2.2 Massaräätälöinnin näkyvyys tuotteessa ja sen valmistamisessa

Kuvassa 6 on esitetty neljä massaräätälöinnin tapaa esiintyä niin tuotteen fyysisessä rakenteessa kuin tuotteen ulkonäössä. Kuvan oikeassa ylänurkassa on mainittu yhteistoiminnallinen räätälöinnin muoto, jossa asiakas ja myyjä käyvät keskustelua tuotteen ulkoasusta. Kyseisessä räätälöintimuodossa muutos on havaittavissa tuotteen fyysisen rakenteen ja visuaalisen ilmeen muutoksena. (Spahi 2008, s. 14.; Krishnapillai et al. 2005, s. 30.)



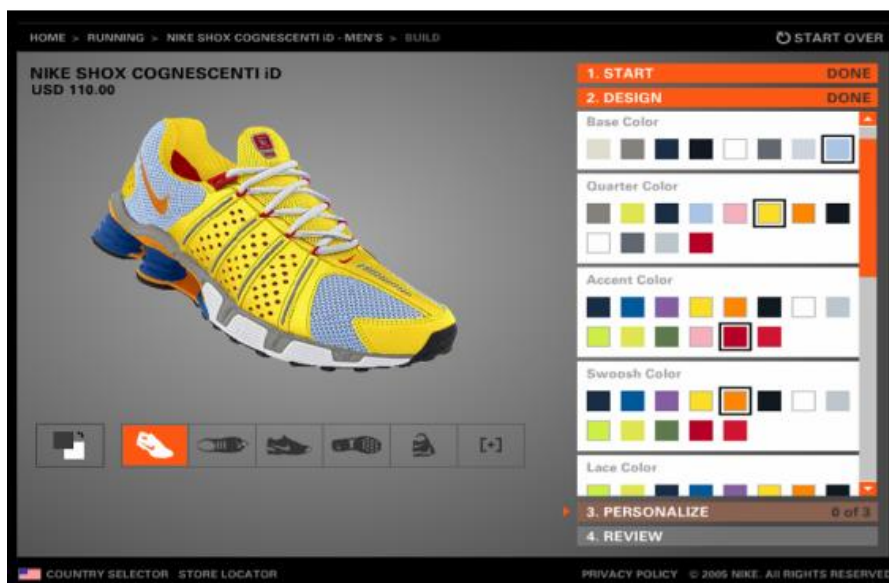
**Kuva 6.** Neljä massaräätälöintivaihtoehtoa (muok. Krishnapillai et al. 2005, s.30).

Mukautuvassa räätälöintimuodossa tuotteen fyysinen rakenne ja visuaalinen ilme eivät muutu. Tämän tyyppisessä räätälöintimuodossa asiakas voi itse muuttaa tuotetta, esimerkkinä voidaan pitää toimistotuolia, jonka korkeutta ja asentoa asiakas voi säätää itse parhaaksi näkemällä tavallaan. Tämän tyyppinen räätälöintimalli ei muodosta tuotteeseen ulkonäöllisesti eikä rakenteellisesti muutosta, jolloin tuotteen valmistajalla on mahdollista yllä pitää pientä tuoteperhettä. (Spahi 2008, s. 16.; Krishnapillai et al. 2005, s. 30.)

Kosmeettisessa räätälöintimuodossa tuotteen fyysinen rakenne säilyy muuttumattomana, mutta visuaalisessa ilmeessä näkyy muutos. Esimerkkinä voidaan mainita matkapuhelimen kuorivaihtoehdot, joista asiakas voi valita miellyttävimmän itselleen. Muutos näkyy vain puhelimen ulkonäössä puhelin mallin pysyessä muuttumattomana. (Spahi 2008, s. 17; Krishnapillai et al. 2005, s. 30.)

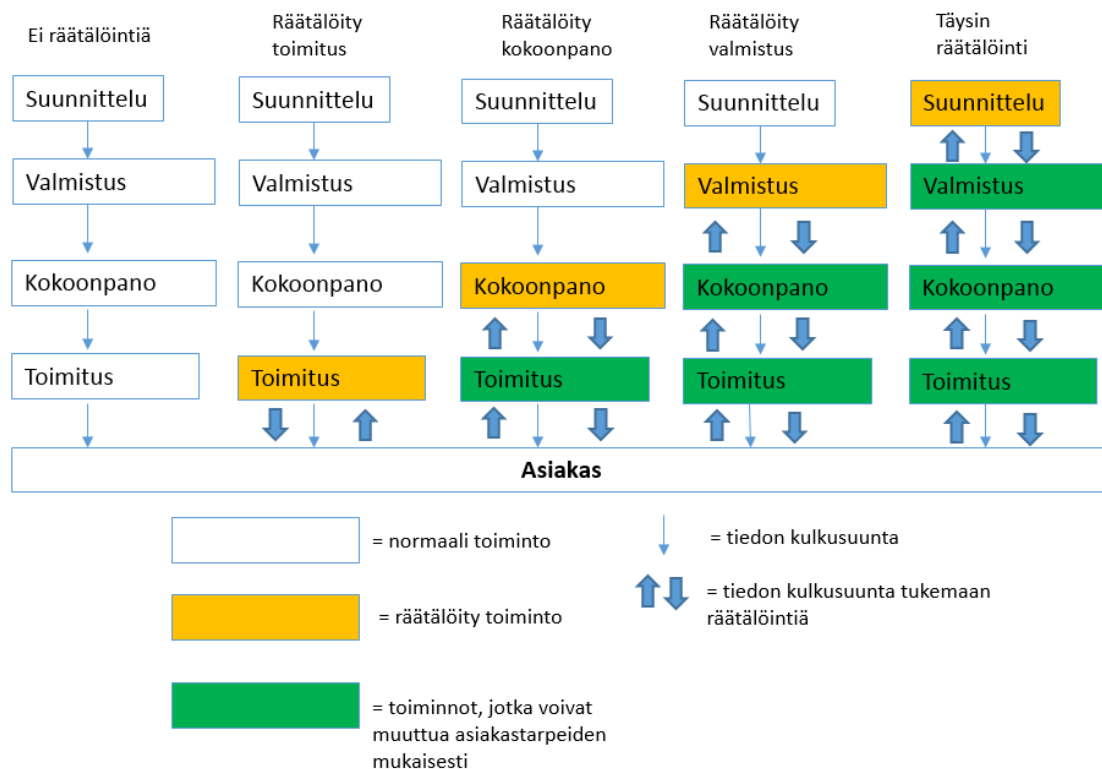
Läpinäkyvässä räätälöintimuodossa tuotteen visuaalinen ilme ei muutu, mutta tuotteen fyysisessä rakenteessa näkyy muutos. Esimerkkinä on juoksukengän valintaprosessi, jossa myyjä kartoittaa soveltuvimman mallin asiakkaan jalkapohjan muodon perusteella. Tällöin tuotteen ulkonäköä ei voida muuttaa, mutta juoksukengän malli voidaan valita jalkapohjan muodon perusteella. Ominaista tämän tyyppiselle räätälöinnille on se, että tuote usein miten räätälöidään asiakaskohtaiseksi ilman, että edes asiakas on sitä huomaa. (Spahi 2008, s. 17.; Krishnapillai et al. 2005, s. 30.)

Kuvassa 7 on esimerkki kosmeettisesta räätälöintimallista liittyen juoksukengän valintaan, jossa asiakas voi valita väri vaihtoehtoja haluamansa. Näin juoksukengän malli pysyy samana eli tuotteen rakenne ei muutu, kun taas, valittu väriehdot muuttaa juoksukengän ulkonäköä. (Spahi 2008, s.14-15.)



**Kuva 7.** Juoksukengän räätälöintivaihtoehdot (muok. Spahi 2008, s. 15).

Kuvassa 8 on esitetty, miten räätälöintimuodot vaikuttavat tuotteen valmistamiseen aina suunnittelusta asti. Kuva on jaettu erilaiseen linjaan räätälöintimuodon perusteella. Ei räätälöidyssä muodossa asiakas ei voi vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin, jolloin tuotteen kiertokulku suunnittelusta toimitukseen pysyy ennallaan. Asiakkaan on tällöin valittava tuote myyjän esittämän tarjonnan perusteella. (Coletti & Aichner 2011, s.15-16)



**Kuva 8.** Räätälöintimuodon näkyvyys tuotteen valmistettavuudessa (muok. Coletti et al. 2011, s. 15).

Siirryttäessä räätälöityyn toimitukseen, asiakkaalla on mahdollista vaikuttaa, miten tuote halutaan hänelle toimitettavan. Räätälöity toimitus ei vaikuta muuten tuotteen ominaisuuksiin, jolloin tuotteen suunnittelu, valmistus ja kokoonpano pysyvät ennallaan. Räätälöidyssä kokoonpanossa asiakas voi vaikuttaa tuotteen kokoonpanon rakenteeseen, mutta ei tuotteen suunnitteluun tai valmistukseen. Tuotteen toimitus voi joutua muuttamaan toimintatapojaan, jos tuotteen kokoonpano sitä vaatii. Räätälöidyssä valmistuksessa asiakasvaatimuksilla on vaikutusta jo tuotteen valmistukseen, kokoonpanoon ja toimitukseen. Tuotteen suunnitteluun asiakasvaatimukset eivät kuitenkaan vaikuta. Tuotteen kokoonpano ja toimitus voivat joutua muuttamaan omaa toimintaansa valmistusta tukeväksi. Viimeisenä esiintyy tuotteen täysiräätälöinti, jossa asiakas voi täysin määrittellä tuotteen muodot ja mitat. Tuote suunnitellaan, valmistetaan, kokoonpannaan ja toimitetaan täysin asiakaskohtaisesti. Pidettäessä massaräätälöintiä ensisijaisena vaihtoehtona tuotteen ominaisuuksille toimivat edellä mainituista vaihtoehdoista parhaiten kaikki muut, paitsi räätälöity valmistus tai tuotteen täysi räätälöinti, koska näissä tuoteperheet ovat ennalta määriteltyjä. (Coletti et al. 2011, s. 16-18; Squire et al. 2006, s. 10.)

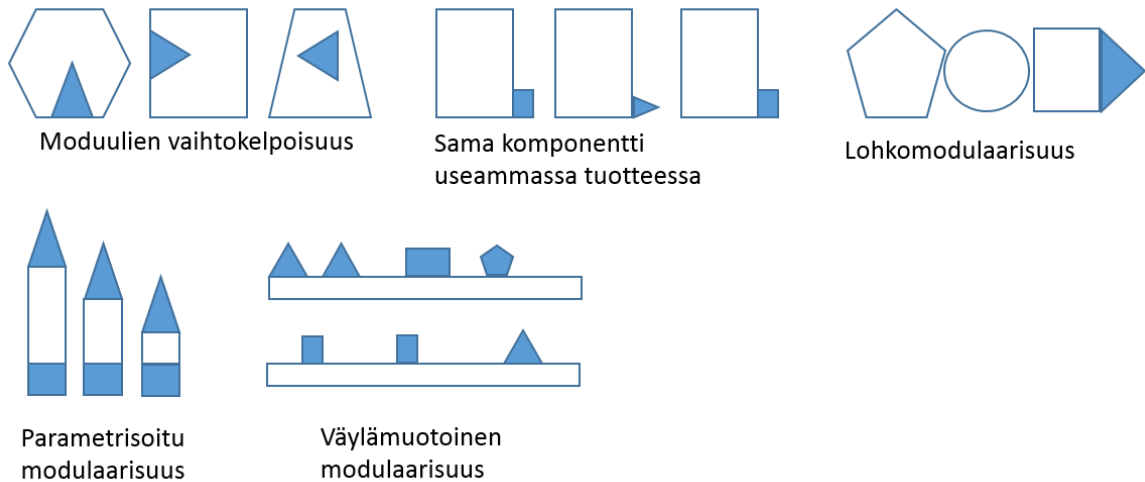
## 2.3 Modulaarisuus

Tuotteiden modulaarista suunnittelua on pidetty avaimena kilpailukyvyn nostamiseen ja tuotteiden läpimenoajan pienentämiseen. Modulaarisilla tuotteilla tarkoitetaan tuotteita, joita voidaan kokoonpanna yhdistelemällä erilaisia vakioituja osia, niin sanottuja moduuleja hyödyntäen. Tuotteiden suunnitteluun kohdistuvat kustannukset ovat noin 70 % tuotteiden kokonaiskustannuksista. Tuotteiden suuri modulaarisuusaste mahdollistaa tuotteiden suuren variointimahdollisuuden. Modulaaristen tuotteiden on todettu olevan askel kohti massaräätälöintiä. (Vickery et al. 2015, s. 5369; Lau Antonio, Yam & Tang 2007, s. 2; Hvam et al. 2008, s. 30.)

### 2.3.1 Modulaarisuuden mallit

Osia, joita yhdistelemällä voidaan luoda monia erilaisia tuotteita, kutsutaan moduuleiksi. Tuotetta pidetään modulaarisena, kun käytettävien moduulien tyyppi, muoto ja koko ovat suunniteltu niin, että erilaisten tuotteiden luomien on mahdollista moduuleita yhdistäen. Usein miten moduulien suunniteltaessa, ongelmaksi muodostuu syntyvien tuotevariaatioiden hallitseman kasvu. Ongelman ratkaisuna pidetään tuotekohtaista konfiguraattoria, jolla on kyky yhdistellä moduuleita toisiinsa moduuleihin sidotuilla säännöillä, jotka kertovat mitkä moduulit ovat mihinkin moduuliin soveltuvia yhdistettäväksi. Haasteellisinta moduulien suunnittelussa on pitää moduulien väliset rajapinnat samanlaisia, koska uutta moduulia suunniteltaessa liityntäpinnalla on tapana muuttua myös. (Hvam et al. 2008, s. 30.)

Kuvassa 9 on esitetty 5 erilaista modulaarisuuden päämallia. Kuvan vasemmassa ylänurkassa esitetty moduulien vaihtokelpoisuus malli, jossa tietty moduuli on soveltuvainen moneen eri tuotteeseen. Esimerkkinä moduulien vaihtokelpoisuus mallista voidaan pitää porakoneen sähkömoottoria, joka on soveltuvainen monelle eri porakoneelle riippumatta siitä mitä millainen itse porakonemalli on. (Hvam et al. 2008, s. 31; Salvador, Forza & Rungtusanatham 2002b, s. 552.)



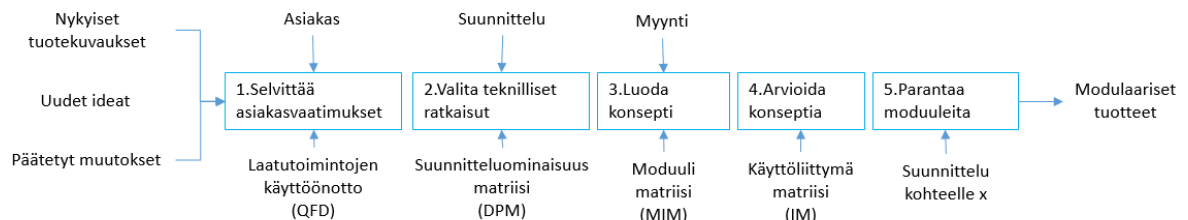
**Kuva 9.** Modulaarisuuden eri vaihtoehtoja (muok. Hvam et al. 2008, s. 31).

Modulointimallissa, jossa käytetään samaa komponenttia eri tuotteissa, vaihtuu tuotteen runko, mutta rungossa kiinni oleva moduuli pysyy samana. Esimerkkinä mainittakoon esimerkiksi muistitikut, joissa fyysinen muistitikku toimii moduulina, mutta tikun ulkokuori taas vaihtuu. Parametrisoidussa modulaarisuudessa tuotteen ulkomuoto pysyy samana, mutta ennalta määriteltyjä mittoja muuttamalla voidaan parametrisesti muuttaa tuotetta. Esimerkkinä voidaan Scania merkkisten kuorma-autojen tuotevalikoima, joille on tyypillistä sama hytin ulkomuoto, mutta erilaiset mittasuhteet hytin koossa. Väylämuotoisessa modulaarisuudessa, voidaan erilaisia moduuleita liittää tuoterunkoon vapaasti valitussa järjestyksessä. Esimerkkinä voidaan pitää esimerkkinä tietokoneen piirilevyä, johon mahdollista asentaa esimerkiksi muistikortti tai uusi näytönohjain. Lohkomodulaarisuudessa erilaisia moduuleja voidaan yhdistellä eri järjestyksessä liityntäpintojen kautta toisiinsa. Esimerkkinä tämän tyyppisestä moduloinnista voidaan pitää legotuotteita, joista on mahdollista luoda erilaisia kokonaisuuksia, legoja eri tavalla yhdistelemällä. (Hvam et al. 2008, s. 31; Salvador et al. 2002b, s. 552.)

### 2.3.2 MFD-metodi

MFD-metodi (Modular Function Deployment) on jo vuodesta 1996 toiminut modulaaristen tuoteperheiden kehittämisen systemaattisena menetelmänä. MFD-menetelmän taustalla on asiantuntijajoukko, joiden vastuualueet on jaettu kolmeen eri kokonaisuuteen; asiakas tarpeet, tuotesuunnittelu sekä tuotemarkkinointi. (Lange & Imsdahl 2013, s. 4.)

Kuvassa 10 esitetty MFD-metodin kulkua, mikä koostuu viidestä eri vaiheesta. Vaiheessa yksi, modulaarisia tuotteita suunniteltaessa on selvittettävä asiakasvaatimukset käyttämällä QFD-matriisia (Quality Function Deployment), joka selventää asiakasvaatimusten suhdetta tuoteominaisuuksiin nähden. Matriisin mukaan tuoteominaisuuksia ovat mitattavat ja käsiteltävät yksiköt, jotka mahdollistavat tuotteen vaatiman määrittelyn. Tuoteominaisuuksien lisäksi ensimmäisessä vaiheessa määritellään tuotteen osien lukumäärä ja tuotantotavoitteet. Ensimmäisen vaiheen tuloksia käytetään hyödyksi vaiheen kaksi teknillisiä ratkaisuja määriteltessä. (Lange et al. 2013, s. 4.)



**Kuva 10.** MFD-metodin kulku (muok. Lange et al. 2013, s. 5).

Kuvassa 11 on esitetty QFD-matriisiesimerkki pesukoneen asiakasvaatimuksista. Asiakasvaatimukset ovat kuvattu taulukon vasemmassa laidassa ja laatuominaisuudet taulukon ylärivillä. Matriisi toiminta perustuu siihen, että asiakasvaatimuksen ollessa esimerkiksi perusteellinen pesu, arvioidaan jokaista laatuominaisuutta antamalla sille painoarvo välillä 0–5. Lopuksi jokaisen painoarvon tulos kirjataan oikeassa laidassa olevaan painoarvosarakkeeseen. Taulukon kolme alinta riviä analysoivat laatuominaisuuden painoarvoa sekä saavutettua tulosta vertaamalla sitä tavoitearvoihin. Tuloksena matriisista todetaan mikä oli painoarvoltaan tärkein laatuominaisuus ja mitkä laatuvaatimuksista täyttivät tavoitearvon. (Ji et al. 2016, s. 10.)

Asiakasvaatimus	Laatuominaisuus	Pesu tulos %	Äänen voimakkuus dB	Pesuaika min	Huuhtelun tulos %	Esiintyneet vahingot vaatteissa %	Painoarvo
Perusteellinen pesu		5		1	5	5	5
Hiljainen pesu		3	5	1	1		4
Perusteellinen huuhtelu		3		1	5	1	3
Vahingoittumattomat vaatteet		3	1	1	3	5	2
Lyhyt pesuaika		5		5	1		2
Laatuominaisuuden painoarvo %		32,0	11,0	12,0	26,0	19,0	
Esitetty painoarvo		85,0	50,0	33,0	1,1	1,8	
Tavoite arvo		92,0	45,0	29,0	1,2	1,6	

**Kuva 11.** QFD – matriisiesimerkki (muok. Ji et al. 2016, s. 10).

Vaiheessa kaksi määritellään tuoteominaisuuksien ja teknisten ratkaisujen välinen suhde käyttämällä suunnitteluominaisuus matriisia DPM (Design Property Matrix). Kolmannessa vaiheessa määritellään moduuleita koskeva konsepti, jonka tarkoituksena on osoittaa tuotestrateginen syy miksi moduuli olisi luotava. (Lange et al. 2013, s. 5.)

Kolmannessa vaiheessa käytetään hyödyksi MIM- matriisia (Module Indication Matrix), jossa on esitetty kaksitoista koko tuotteen elinkaaren huomioivaa moduuliajuria, joihin kaikkiin on yhdistetty tuotetekninen ratkaisu. MIM-matriisin antama tulos toimii moduulin perustana. Neljännessä vaiheessa tuotteen moduulikonseptit arvioidaan tarkastelemalla, miten moduulit liitetään yhteen standardoitujen rajapintojen avulla. Arvioinnilla tärkeä merkitys tuotevalikoiman joustavuuden ja tuotesuunnittelun sujuvuuden kannalta. Viidennessä vaiheessa parannetaan moduulikonseptia ottamalla huomioon esimerkiksi valmistuksen ja kokoonpanot toiveet. Moduuleita kohtaiset vaatimukset kirjoitetaan jokaisen moduulin kohdalta ylös ja vaatimuksiin sisällytetään markkinavaatimukset, tekniset tiedot ja liiketoimintastrategia. (Lange et al. 2013, s. 6)

### 2.3.3 Hyödyt

Tuotteiden modulaarisuuden on todettu parantavan valmistettavien tuotteiden laatua, koska yksittäisten moduulien sopivuutta erilaisia kokoonpanoissa on jouduttu testaamaan useaan otteeseen ennen varsinaista käyttöä. Tämän tyyppien taustatyö kasvattaa myös yrityksen tuote tietoutta, miten modulaariset osat sopivat keskenään, mikä taas parantaa yleistä laatutasoa. Modulaaristen tuotteiden valmistus on todettu parantavan valmistuksen läpimenoaikaa ja helpottavan uusien tuotteiden suunnittelua, koska modulaaristen osien yhteensopivuus eri tuotteisiin on jo selvillä. Valmistuksen ja suunnittelun toimintatapoihin modulaariset tuotteet luovat joustavuutta, koska tuotteiden valmistustapa on selkeämpi. Modulaarinen tuoteajattelu on todettu parantavan asiakkaille tarjottavan palvelun laatua, koska teknisiin kysymyksiin on helpompi ja nopeampi vastata. Asiakkaille voidaan tarjota suoraa ratkaisumallia omista tuoteperheistä. Tuotteiden modulaarisuus näkyy myös tuotteiden hinnoittelussa, koska moduulien käyttäminen alentaa suunnitteluun ja valmistukseen liittyviä kustannuksia. Yhteenvedona voidaan todeta, että tuotteen hinnalla, laadulla, toimitusajalla sekä joustavuudella on merkittävä vaikutus tuotteen kaupankäyntimahdollisuuksiin. (Gershenson, Prasad & Zhang 2003, s. 303–305; Lau Antonio et al. 2006, s. 4–5.)

### 3 SUUNNITTELUN AUTOMATISOINTI

Suunnittelu automatisoinnilla tarkoitetaan tietokonepohjaista menetelmää, jolla osittain tai kokonaan automatisoidaan ihmisen tekemään suunnittelutyötä. Tässä tapauksessa esimerkiksi suunnittelija syöttää kyseiseen suunnitteluautomaattiin ennalta määritetyt parametrit, joita esimerkiksi ovituotteen osalta ovat päämitat ja varusteet, minkä pohjalta automaatti muodostaa tuotemallin. Yleisesti suunnittelun automatisoinnilla pyritään parantamaan suunnittelun läpimenoaikaa ja alentamaan suunnittelunkustannuksia sekä poistamaan rutiinin omaista suunnittelutyötä, jotta varsinainen työpanos voidaan kohdistaa vaativampiin työtehtäviin, kuten esimerkiksi tuotekehitykseen. (Sunnensjö 2012, s. 123.)

Yrityksen talouden kannalta on tärkeää, että alkuvaiheessa osataan määritellä suunnitteluautomatisoinnilta saatava hyöty ja sen tarkoitus markkinoiden kannalta. Taulukossa 1 on poimintoja erilaisten teollisuudessa toimivien yritysten näkökulmia lähteä automatisoimaan suunnittelua. Tarkoituksella kuvataan mitä suunnitteluautomaatilla halutaan saavutettavan ja johtopäätöksillä kuvataan mitä suunnitteluautomaatti vaatii toimiakseen. (Sunnensjö 2012, s. 123; Cederfeldt 2007, s. 30.)

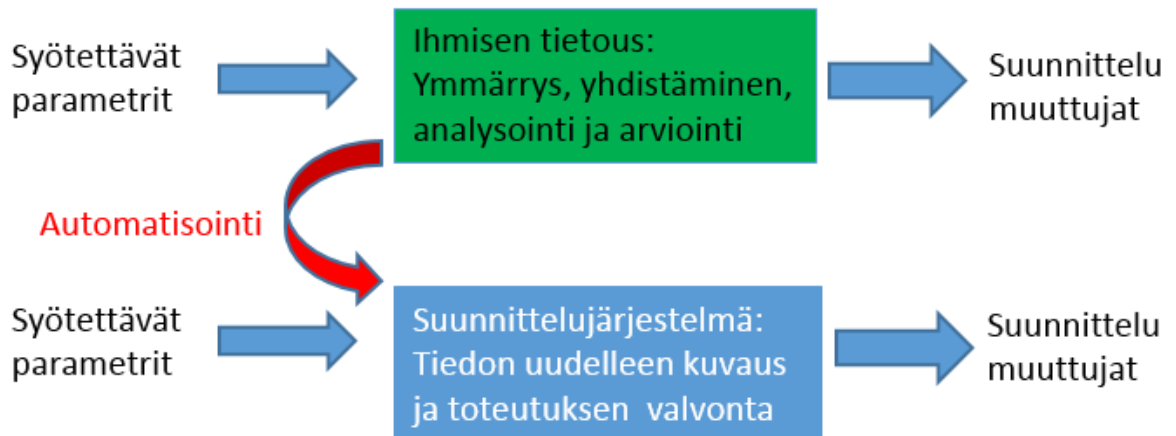
*Taulukko 1. Suunnitteluautomaatin tarkoitus ja johtopäätökset eri yrityksissä (muok. Sunnensjö 2012. s. 124-125).*

Yritys	Tarkoitus	Johtopäätökset
A	1) Tuottaa suunnitteludokumentteja asiakkaalle ja toimia kustannusten laskenta-apuna. 2) Täysin määritelty tuote ja valmistusprosessi.	Suunnitteluautomaatin tuottama informaatio ilman ihmisen tuottamaa työtä vaatii käyttöjärjestelmältä hyvää toimivuutta sekä hyvää laadullisista tarkkailua.

*Taulukko 1 jatkuu. Suunnittelun tarkoitus ja johtopäätökset eri yrityksissä (muok. Sunnersjö 2012, s. 124-125).*

<b>B</b>	1) Tuottaa automaattisesti tietty tuotteen osa. 2) Tuottaa tietoa suunniteltavan tuotteen ominaisuuksista, valmistettavuudesta tai kustannuksista.	Näissä tarkoituksissa suunnitteluautomaatti toimii suunnittelijoiden tukena. Tukitoimet perustuvat asiakasvaatimukseen, joihin halutaan nopeaa ratkaisua kaupankäynnin tueksi.
<b>C</b>	Toimia tuotteen vaatimusten määrittelyn apuna. Tarkoituksena on löytää sopiva vaihtoehto, joka on lähellä asiakkaan esittämiä vaatimuksia.	Suunnittelu automaatti valitsee kaikista sopivista vaihtoehdoista parhaimman ratkaisun, jonka toimivuutta suunnittelija arvioi. Järjestelmä toimii suunnittelun aputyökaluna.
<b>D</b>	Tuottaa kustannustehokas ratkaisumalli.	Kustannusten laskennassa käytettävän tiedon tulee olla totuuden mukaista ja riittävää. Tuotteen lopullinen muoto ei ole riippuvainen suunnitteluautomatisoinnista.

Suunnittelun automatisoinnilla ei pelkästään automatisoida rutiinin omaista työtä, vaan se muuttaa myös suunnittelun toimintatapoja ja jossain tapauksissa myös tuotteen ominaisuuksia. Kuvassa 9 on kuvattu edellä mainittuja automatisoinnin vaikutuksia, jossa ”syötettävät parametrit” kuvaavat suunnittelua ohjaavia vaatimuksia ja laatikko suunnittelijan tekemää työtä, jolloin tuloksena on suunnittelun tekemä tuotos, ”suunnittelumuuttajat”. Kun ylemmän laatikon tilalle vaihdetaan alempi laatikko, muuttuu suunnittelijan tekemä työ automaatin suorittamaksi työksi, jolloin tuloksena on tuotos, joka on samanlainen tai mahdollisesti parempi, kuin mekaanisesti suunniteltu tuote. (Sunnersjö 2012, s. 125.)



**Kuva 12.** Suunnittelun automatisoinnin vaikutukset (muok. Sunnersjö 2012, s. 125).

### 3.1 Suunnitteluautomaatin luominen

Suunnitteluautomatisointia luodessa on ensimmäisenä vaiheena keskityttävä pohtimaan, mitä suunnitteluautomatisoinnilla halutaan saavutettavan ja millä menetelmin. Suurin ongelma yleisesti kohdistuu automatisoitavaan tuotteeseen liittyvän informaation, eli miten kaikki tarvittava tieto voidaan kohdistaa automatisoinnin tueksi. Tuotekohtainen informaatio eli tuotteeseen liittyvä tieto voidaan Sunnersjön (2012) mukaan jakaa kuuteen eri luokkaan taulukon 2 mukaisesti. Tuotteita koskevan tiedon jaottelu erilaisiin ryhmiin helpottaa tiedon keräämistä. (Sunnersjö 2012, s. 123-130; Cederfeldt 2007, s. 30)

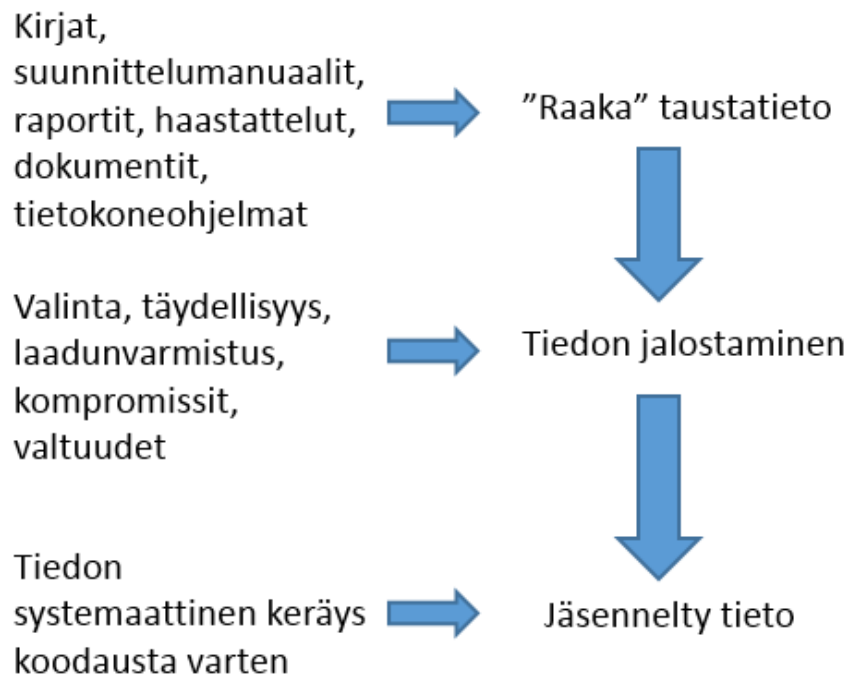
*Taulukko 2. Tuotetiedon jaottelu (muok. Sunnersjö 2012, s. 127).*

1	Hiljainen tieto	Esimerkiksi kokemukseen tai ammattitaitoon pohjautuvat tieto, joka on vain ihmisten päässä.
2	Vertailuun pohjautuva tieto	Pohjautuu tietoon, jossa vertaillaan tuotteita ja prosesseja keskenään. Saatua tietoa voidaan hyödyntää uutta tuotetta rakennettaessa.
3	Kokemusperäinen tieto	Kokemukseen pohjautuvat tieto, joka voidaan mitata käytännössä.
4	Geometriaan pohjautuvat tieto	Tieto geometrian vaikutuksista esimerkiksi kokoonpanon tai pakkausten sujuvuuteen.

Taulukko 2 jatkuu. Tuotetiedon jaottelu (muok. Sunnersjö 2012, s. 127).

5	Matemaattisessa muodossa oleva tieto.	Suunnitteluun vaikuttavat muuttujat voidaan käsitellä matemaattisessa muodossa.
6	Heurestinen tieto	Pohjautuu kokemukseen, syihin ja teoriaan, mitkä voidaan esittää faktoina ja sääntöinä.

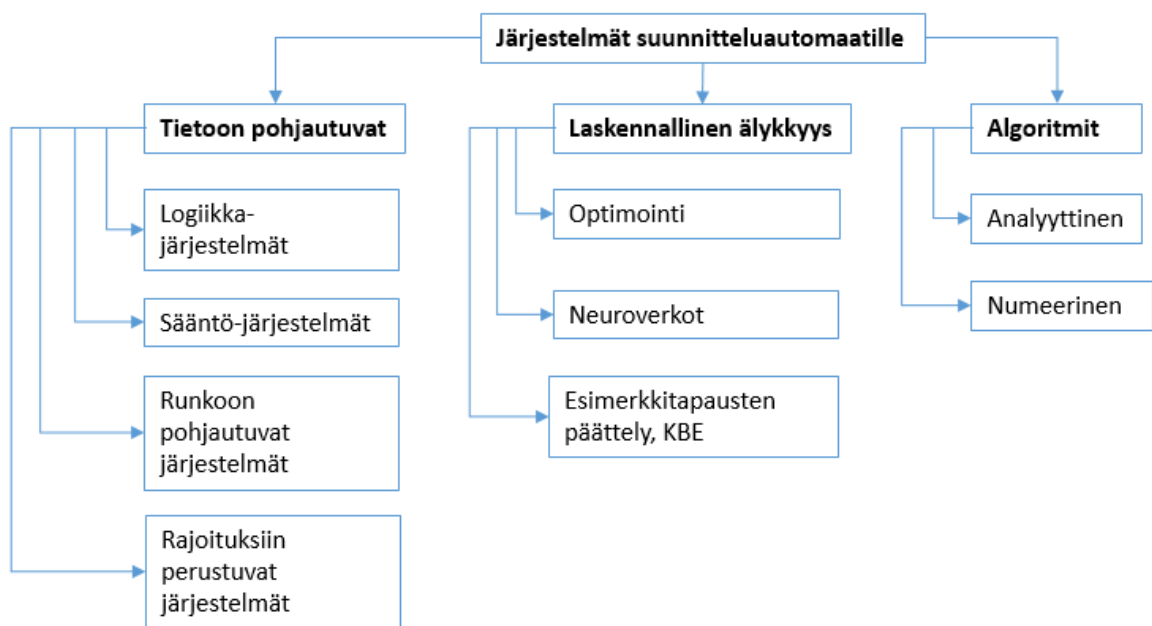
Kirjallisuudesta voidaan mainita esimerkiksi Sunnersjö (2012) esittämä tapa suunnitteluautomaatin rakentamiselle, missä järjestelmän luominen aloitetaan rakentamaan vaihe vaiheelta ”top-down” tyyppisesti kuvan 13 mukaisesti. Ensimmäisenä vaiheena on tiivistää tuotteeseen perustuvat tieto ja siihen vaikuttavat prosessit, joita ovat mahdolliset dokumentit, raportit ja tietokoneohjelmat. Toisena vaiheena käydään läpi kerätty tietoa ja miten sitä voidaan käyttää automatisoinnissa, arvioimalla kerätyn tiedon valinkriteerejä ja laatua. Viimeisenä vaiheena tehdään päätös menetelmästä, jolla tietoa tullaan käsittelemään. (Sunnersjö 2012, s. 126.)



**Kuva 13.** Suunnitteluautomaatin käyttöön vaadittavan tiedon kerääminen (muok. Sunnersjö 2012, s. 126).

### 3.2 Käytettävät ohjelmistomuodot suunnitteluautomatisoinnissa


Kuvassa 14 on esitetty, minkä tyyppisiä suunnitteluohjelmia suunnittelun automatisoinnissa käytetään. Ohjelmat on jaettu kolmeen eri pääluokkaan; tietoon, laskennalliseen älykkyyteen sekä algoritmeihin pohjautuvat järjestelmät. Tietoon pohjautuvissa järjestelmissä vaikuttavat esimerkiksi erilaiset tuotetta koskevat säännöt, rajoitukset ja logiikat. Laskennallinen älykkyys perustuu suunnitteluautomaatin kykyyn optimoida tuotetta. (Sunnensjö 2012, s. 128.)



**Kuva 14.** Ohjelmistovaihtoehdot automatisoinnissa (muok. Sunnersjö 2012, s. 128).

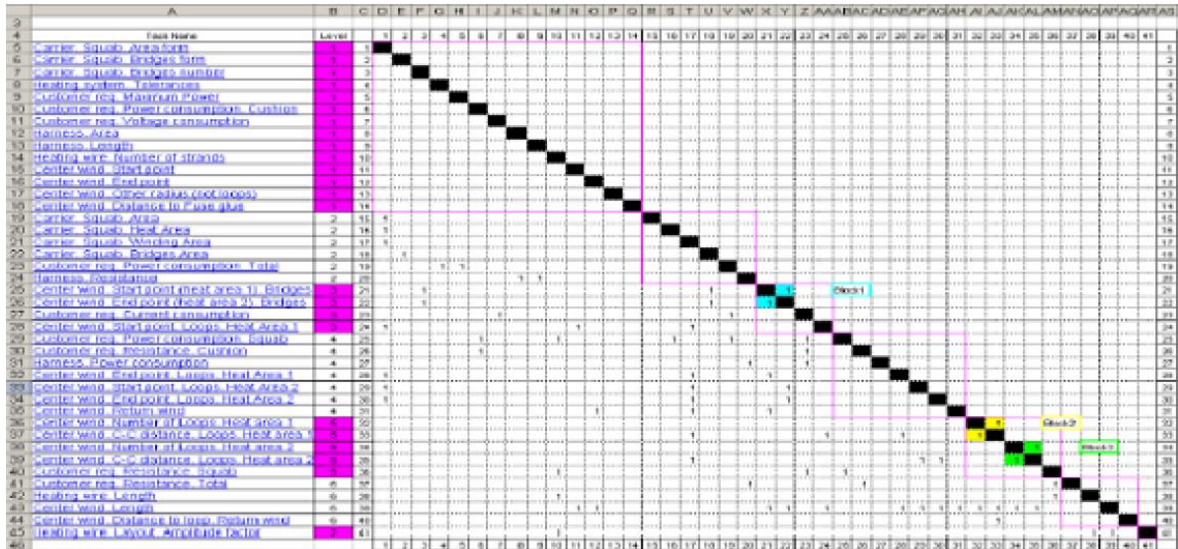
Kuvassa 15 on esitetty, miten tiedon luokittelu vaikuttaa ratkaisumallin valintaan. Esimerkiksi parametrisessa suunnittelumallissa vaikuttaa tuotteen geometrisen tiedot merkittävästi, kun taas kokemukseräistä tietoa ei pidetä merkittävänä. (Sunnensjö 2012, s. 129.)

Tiedon kategoriat	Ratkaisumallit						
	Neuroverkot	Tapauskohtaiset esimerkit	Tietokanta	Parametrinen malli	Perinteinen, menetelmällinen	KBE, rajoitukseen pohjautuva	
Hiljainen tieto		x					
Vertaileva tieto	x		x				
Kokemukseen perustuva		x					
Geometriaan perustuva					x		
Matematiikkaan perustuva	x		x			x	
Heurestininen tieto		x			x		



**Kuva 15.** Tiedon luokituksen merkitys valittaessa suunnittelujärjestelmää (muok. Sunnersjö 2012, s. 129).

Tarvittavien tietojen keräämisen ja analysoinnin jälkeen voidaan aloittaa suunnitteluautomaatin varsinainen rakentaminen. Saadusta informaatiosta tutkitaan, miten säännöt, parametrit ja menetelmät ovat riippuvaisia toisistaan ja mikä syy-seuraus tutkituilla asioilla on. Kyseistä informaation tutkimista voidaan suorittaa esimerkiksi DSM-matriisilla (Design Structure Matrix), joka on esitetty kuvassa 16. DSM-matriisi tuo esiin asiat samalla tapaa, mutta paljon yksinkertaisemmassa muodossa. DSM-matriisissa taulukon sarakkeet yhdistetään riveihin merkillä x. Jos taulukon x-merkinnät jäävät diagonaalin alle, on analysoitava käyttöjärjestelmä todennäköisesti sopivin menetelmä suunnitteluautomaatille. (Sunnersjö 2012, s. 129–130.)



**Kuva 16.** DSM- matriisi riippuvuuksien todentamisessa (Sunnensjö 2012, s. 130).

### 3.3 Valmiit kaupalliset ratkaisut

Markkinoilla on olemassa myös valmiita ratkaisuja suunnittelun automatisoinnille. Taulukossa 3 on kuvattu valmiin ratkaisun etuja ja kuvattu edun tuomaa sisältöä. (Hvam et al. 2008, s. 18; Cederfeldt 2007, s. 30.)

*Taulukko 3. Valmiin ratkaisumallin edut suunnitteluautomatisoinnissa (muok. Hvam et al. 2008, s. 220).*

Edut	Kuvaus
Nopea asennus	Valmiilla ratkaisulla on lyhyt toimitusaika, jolloin käyttöönottoon päästään nopeammin käsiksi.
Kehitys ja huolto	Toimintojen kehitys ja huolto voidaan tehdä itse toimittajan avustuksella tai pelkästään toimittajan palveluiden kautta.
Tuki	Ongelmatapauksissa apua saatavilla palvelun tarjoajalta.
Joustavuus	Muutostenhallinta helpompaa valmiilla ratkaisulla.

*Taulukko 3 jatkuu. Valmiin ratkaisumallin edut suunnitteluautomatisoinnissa (muok. Hvam et al. 2008, s. 220).*

Laatu	Valmiit ratkaisut on testattu ennen markkinoille saapumista. Tämän vuoksi niiden käyttäminen on helppoa ja turvallista.
Testaus ennen ostoa	Järjestelmiä on mahdollista testata ennen ostamista, jotta voidaan varmistua järjestelemän sopivuudesta tuotteelle.

Taulukossa 4 on esitelty mitä haittoja valmiiden ratkaisumallien osalta on havaittavissa suunnitteluautomatisoinnissa. Haitat kohdassa on esitelty valmiin ratkaisujen ongelma, jota on kuvaus kohdassa esitelty tarkemmin.

*Taulukko 4. Valmiin ratkaisumallin haitat suunnitteluautomatisoinnissa. (muok. Hvam et al. 2008, s. 221)*

Haitat	Kuvaus
Nopeat johtopäätökset	Järjestelmän valinnan pohjautuessa huonoihin analysointeihin, voi tuloksena olla epäkelvöllinen tuote.
Riippuvuus palvelun tarjoajasta	Toimittajan konkurssi tai huono palvelu voi johtaa ongelmiin järjestelmän käytössä, koska asiakas on pitkälti riippuvainen toimittajan palveluista, eikä toimittajan vaihdos ole mahdollista ilman syntyviä kustannuksia.
Liitynnät	On tärkeää, että palvelu täyttää asiakkaan tarpeet ja toiveet ja, että se voidaan liittää moitteetta yrityksen järjestelmään.

*Taulukko 3 jatkuu. Valmiin ratkaisumallin edut suunnitteluautomatisoinnissa (muok. Hvam et al. 2008, s. 221).*

Vaihtoehtoiset työolosuhteet	Osa järjestelmän kanssa työskentelevistä voi joutua tekemään töitä myös esimerkiksi etänä, jolloin varmistettava järjestelmä toimii vaihtelevissa työympäristöissä.
------------------------------	---

#### 3.4 Modulaarisen tuoterakenteen vaikutus suunnittelun automatisointiin

Suunnittelun automatisoinnin on todettu johtavan hyviin tuloksiin tuotteiden modulaarisella rakenteella. Modulaaristen tuoterakenteiden tarkoituksena on rakentaa joustava tuotesuunnittelun malli, joka sallii uusien tuotteiden valmistuksen ilman, että vaatisi muutoksia nykyisiin moduuleihin. Suunnitteluautomatisointia voidaan pitää erityisen tehokkaana järjestelmä käytettäessä modulaarisia tuoteperheitä. (Sunnarsjö 2012, s. 125.)

## 4 OVITUOTTEEN SUUNNITTELU

Tässä luvussa kuvataan Antti-Teollisuuden ovisuunnittelun nykyistä toimintatapaa ja asioita, jotka vaikuttavat suunnittelun toimintaan, sekä käydään läpi tämänhetkisiä suunnittelun ongelmia ja haasteita.

### 4.1 Suunnittelu ja sen käyttämät työkalut

Antti-Teollisuuden suunnitteluorganisaatio koostuu muutamasta suunnittelijasta sekä suunnittelupäälliköstä. Työtilanteesta riippuen suunnittelun apuna käytetään alihankintasuunnittelua, joiden työskentelyä ohjaavat ja valvovat päätoimiset suunnittelijat. Suunnittelijoiden työkaluina päivittäisessä työssä toimivat SolidWorks 2014 -ja Autocad 2012 LT 2D -ohjelmistot. SolidWorks 2014 on 3D -ohjelmisto, jolla hyttiovet suunnitellaan. Autocad 2012 LT 2D -ohjelmistoa käytetään lähinnä asiakkaalta saatavien lähtötietojen tarkastelussa sekä tuotantoon lähetettävien dxf-tiedostojen käsittelyssä. Suunnittelun tuottaman informaatio siirretään tuotannonohjausjärjestelmään, joka on nimeltään Lean, tuotannon käsiteltäväksi käyttämällä SolidWorks:n rinnalla toimivaa Custom Tools -työkalua. Asiakaskohtaisten projektien aikataulua hallitaan Microsoft Excel -ohjelmaan luodulla taulukolla, joka toimii suunnittelun ohjauslistana.

### 4.2 Suunnitteluprosessit

Suunnittelijoiden päivittäiset työtehtävät koostuvat uusien tuotteiden suunnittelusta, sekä teknisenä tukena toimimisesta myynnille ja tuotannolle. Perinteisesti uutta tuotetta myydessä myynti ottaa yhteyttä suunnitteluosastoon ja kertoo asiakasvaatimuksista, jonka pohjalta luodaan asiakaskohtainen malli. Ennen kaupankäyntiä suuremmasta toimitusmäärästä ovia, asiakkaan kanssa sovitaan mallikappaleen valmistuksesta. Mallikappaleen toimivuudesta ja laadusta on pitkälti riippuvainen kaupankäynnin jatkuminen. Oheista prosessia on kuvattu liitteessä 1.

Varsinaisen tilauksen synnyttyä myyntiosasto käy asiakasvaatimukset läpi ja tallentaa luomaansa asiakaskohtaiseen projektikansioon suunnittelun tarvitsemat tekniset erittelyt ja lähtötietopiirustukset. Ovituoitteet tyypitetään asiakaskohtaisilla merkinnöillä tuotannon ohjausjärjestelmään sekä suunnittelun ohjauslistalle. Ohjauslistalla nähdään ovituoitteiden

tyyppimerkintä, toimituspäivämäärä, palosertifikaatin numero, myyntitilaus ja arvioitu suunnittelun valmistuspäivämäärä. Suunnittelun ohjauslista toimii myös suunnittelijoiden kapasiteettilistana, jonka tarkoituksena on kontrolloida viikoittaista työtä, jakamalla työmäärää suunnittelijoiden kesken. Suunnittelu ja tuotanto käyvät viikoittain lävitse keskinäisen palaverin, jossa tarkastellaan suunnitelmien valmistumista sekä pyritään huomioimaan tuotannon erilaisia toiveita, joita voivat olla esimerkiksi tietylle asiakkaalle suunniteltavien ovituotteiden suunnittelun aikaistaminen. Tarkoituksena on, että suunnitteluosasto pyrkii palvelemaan valmistuksen viikoittaista työkuormaa parhaansa mukaan.

Kuvassa 17 on kuvattu suunnittelun viikoittaisten työtehtävien jakautumista keskimäärin prosentuaalisesti kuvattuna. Yhteenvedona edellä mainituista suunnittelua koskevista työtehtävistä noin 80 % keskittyy itse suunnitteluun ja loput muihin työtehtäviin. Tieto perustuu tutkijan omiin kokemuksiin viikoittaisista työtehtävistä.



**Kuva 17.** Suunnittelun viikoittaiset työtehtävät keskimäärin.

Läpimenoajaltaan hyttiovien suunnittelu on todettu vievän aikaa noin yhden työpäivän verran suunnittelijaa kohti. Tämä arvio perustuu jakamalla vuosittainen ovien suunnittelumäärä käytettävissä olevilla työpäivillä. Suunnittelu pyrkii suunnitelmien valmistuttua jättämään tuotannolle neljä viikkoa aikaa tuotteiden valmistamiseen.

Suunnittelijat toimivat perinteisen suunnittelun lisäksi tuotannon teknisenä tukena tuotteiden valmistukseen liittyvissä asioissa. Tämä käytännössä tarkoittaa teknisiin asioihin puhelimitse, sähköpostitse tai paikan päällä tuotannossa käymällä puuttumista. Tuotteiden valmistuessa tuotannossa suoritetaan tuotekohtainen auditointi, jossa valmistuserästä jokin ovi auditoidaan asettamalla se testiseinään. Auditoinnissa suunnittelijalla on vastuu toimia laadullisena valvojana muiden auditoinnissa olevien kanssa. Auditoinnissa ovat tuotteen suunnittelijan lisäksi, laatupäällikkö, tuotannon työjohtaja sekä myynnin edustaja.

Muita suunnittelun tekemiseen liittyviä työtehtäviä ovat mahdolliset sisäisten tai ulkoisten reklamaatioiden hoitaminen. Sisäiset reklamaatiot tulevat usein miten suoraan tuotteen suunnittelijalle, mutta riippuen tuotteen ongelman suuruudesta voidaan siihen hakea ratkaisua suuremmallakin porukalla.

#### 4.3 Uuden tuotteen suunnittelu

Uudesta tuotteesta voidaan aina puhua, kun suunniteltavalle tuotteelle otetaan uusi nimike, vaikka tuote sisältäisikin vanhoja aikaisemmin valmistettuja osia tai kokoonpanoja. Uudella nimikkeellä tarkoitetaan numerokoodia, joka yksilöi suunniteltavan tuotteen, tuotteessa käytettävän kokoonpanon tai kokoonpanon käyttämän osan. Numerokoodeja hallitsee SolidWorksin yhteydessä toimiva Custom Tools -työkalu, joka ylläpitää numerolaskuria.

Nykyisten ovituotteiden suunnittelu perustuu asiakasvaatimuksiin, ja usein miten referenssinä toimii viimeksi samalla asiakkaalle toimitettu tuotemalli. Asiakasvaatimuksissa on asiakkaasta riippuen esitetty oven mittatiedot, värit, pintamateriaalit, lukkomalli, kahvamallit, kilpimallit sekä lisävarusteet, kuten ovisilmä, ikkuna, ovipumppu, tuuletusritilä tai ylivientisuoja.

Mallin valmistuttua suunnittelija tekee osista ja kokoonpanoista työpiirustukset sekä dfx-tiedostot tuotantoa varten. Piirustukset ja dfx-tiedostot siirretään Custom Toolsia avulla yrityksen verkolle sekä tuotannonohjausjärjestelmään, Leaniin. Valmistuneet työt kuitataan valmiiksi suunnittelun ohjauslistalta suunnittelijan nimimerkkiä ja valmistumispäivää käyttäen.

#### 4.4 3D-mallinnus

Osien ja kokoonpanojen mallintamisessa käytetään hyödyksi SolidWorks-ohjelmiston sisältämiä työkaluja, kuten esimerkiksi Forming Tool:a, joiden avulla rutiinin omaista työtä suunnittelusta on poistettu. Tämä lähinnä tarkoittaa sitä, että suunniteltaviin osiin tehtäviä muotoja ei enää fyysisesti piirretä, vaan ne luodaan työkaluilla, jotka muodostavat halutun muodon. Forming Tool:a käytetään ovituotteissa saranareikien, lukonaukkojen sekä ovipeltiaihoiden nurkan muodostusten tekemiseen. Tämän tyyppisillä ratkaisuilla on vähennetty syntyvien virheiden määrää, parannettu mallien toimivuutta sekä tehostettu suunnittelun läpimenoaika, koska muotoja ei tarvitse enää ovituotteita suunnitellessa piirtää uudelleen.

Kokoonpanojen luomisessa on noudatettu suunnittelijoiden kesken sopimia sääntöjä, jotka kohdistuvat lähinnä osien geometrian muodostamiseen, sekä yhteen liittämiseen liittyvistä näkökulmista. Suunnittelijoiden kesken sopimat säännöt ovat kirjoitettu ylös ovituotteiden suunnitteluohjeeseen, joka toimii uusien suunnittelijoiden työhön perehdyttämismateriaalina.

Säännöt pohjautuvat esimerkiksi ovituotteiden mallintamiseen, jossa perustana on, että suunniteltavien osien tasot ovat luotu keskeisesti ja järkevästi osien liityntäpintoihin nähden. Tällä tavoin on mahdollistettu osien vaivaton liittäminen kokoonpanoa mallinnettaessa sekä osien keskinäinen hyvä sopivuus, ilman osien uudelleen liittämistä.

Mallin tarkistamisessa on käytetty hyödyksi SolidWorksin-ohjelmiston törmäystarkastelua sekä ”Isolate”-komentoa, jolla voidaan tarkastella valittujen osien sopivuutta siten, että ohjelmisto piilottaa ei valitut osat, jolloin tarkasteltavaksi jää ainoastaan valittujen osien liityntäpinnat.

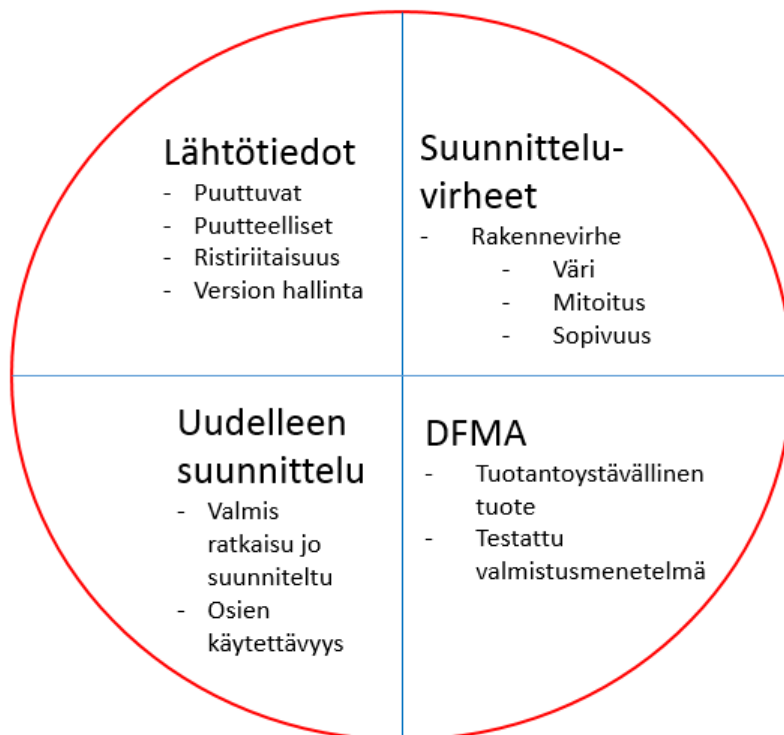
#### 4.5 Tuoterakenteen luonti

Tuoterakenne oven ja karmin osalta luodaan Leaniin käyttämällä Custom Tools -työkalua. Tuoterakenne siirtyy pienellä, noin 10 minuutin viiveellä Lean-tuotannonohjausjärjestelmään. Suunnittelijan tehtävänä on tarkistaa, että Lean-tuotannonohjausjärjestelmään siirtynyt tuoterakenne on yhteneväinen piirustuksiin ja malliin nähden. Rakenne käydään osa ja kokoonpano kerrallaan lävitse, jotta voidaan olla

varmoja, että oikea materiaalikoodi tai väri ovat rakenteessa tai, että rakenneketjut aukenevat aina käytettävään materiaalin asti. Karmin ja oven tuoterakenteen tarkistuksen jälkeen luodaan asiakaskohtaiselle tuotenimikkeelle rakennemalli, jonka aliriveiksi aiemmin mainittu karmi ja ovi tulevat.

#### 4.6 Suunnittelun haasteet ja ongelmat

Suunnittelun tämän hetkisiä haasteita ja ongelmia on esitetty kuvassa 18. Isossa kuvassa ongelmien taustalla ovat tuoteperheiden puuttuminen sekä tuotteiden asiakasmäärittelyt, jotka ovat osittain olleet puutteellisia, ristiriitaisia tai ne puuttuvat kokonaan.



**Kuva 18.** Suunnittelun ongelmat ja haasteet.

Ovien siirtyessä suunnittelu käsiteltäväksi ensimmäisenä vaiheena aloitetaan käymään lävitse asiakasvaatimuksia. Asiakasvaatimuksissa on havaittu esiintyvän erilaisia ongelmia. Taulukossa 5 on esitetty ensimmäisenä ongelmakohtana puutteellisia lähtötietoja, jotka näkyvät asiakasprojekteissa joko jonkin ovityypin asiakasvaatimuksen puuttumisena tai

jonkin tuotetta koskevan yksityiskohdan puuttumisena. Usein miten tämä tyyppinen tieto on jonkin oveen vaikuttavan jonkin päämitan, värin tai ovipumpun rei'ityksen mitoituksen puuttuminen. Seurauksena voi olla toimitusajan pidentyminen, jolla voi olla vaikutusta myös muihin toimituseriin.

*Taulukko 5. Suunnittelun ongelmat ja haasteet.*

Syy	Ongelmakohta	Seuraus
Lähtötiedot	Puutteellisuus	Suunnittelu ajan kasvu
	Ristiriitaisuus	Väärin ymmärrys --> virheet
	Version hallinta	Asiakasvaatimukset eivät täyty
Suunnitteluvirhe	Väärä mitoitus	Tuote ei toimi
	Vaihemallin puuttuminen	Osien puuttuminen
	Tuoterakenne puutteellinen	Osien puuttuminen
	Välykset	Tuote ei toimi
Uudelleen suunnittelu	Tuoterakenne muutokset	Tuote ei toimi
	Vanhojen osien hyödynnettävyys	Tuote ei toimi
	Lean – haku	Osien uudelleen suunnittelu
	Virheellinen referenssimalli	Tuote ei toimi
DFMA	Uusi tuoterakenne	Ratkaisumalli ei toimi
	Kanban-osien käytettävyys	Uuden osan luonti
	Tiukat valmistustoleranssit	Valmistusystävällisyys
	Muodot	Valmistusystävällisyys

Seuraavana lähtötietojen ongelmana taulukossa 5 on esitetty lähtötietojen ristiriitaisuus, mikä tarkoittaa esimerkiksi lähtöpiirustuksen ja teknisten erittelyn välistä eroavaisuutta. Usein lähtötiedon pohjautuessa useaan sähköpostiketjuun voi asioiden välille tulla epäselvyyksiä. Usein tämän tyyppinen ongelma esiintyy tuotteen värisävyjen tai pinnoitusmateriaalien määrittelyssä. Seurauksena ongelmasta ovat väärinkäsitykset ja pahimmassa tapauksessa virheellinen tuote, joka ei täytä asiakasvaatimuksia.

Viimeisenä lähtötietojen ongelmakohtana on versiohallinta. Eli, jos asiakas muuttaa omia lähtötietoja projektin aikana, on ongelmallista hallita muutoksen toteutumista niin suunnittelussa kuin tuotannossakin. Seurauksena on, että esitetyt asiakasvaatimukset eivät täyty ja tuote on näin ollen virheellinen.

Suunnitteluvirheet voidaan jakaa selkeisiin suunnitteluvirheisiin, väärin mitoitettuihin toiminnallisiin välyksiin, tuoterakenteen puutteellisuuteen tai tuotantoa ohjaavien vaihemallien virheellisyyksiin. Selkeitä suunnitteluvirheitä ovat osien yhteensopimattomuus esimerkiksi kiinnitysreikien kohdilta, jotka ovat esimerkiksi jääneet suunnittelijalta tarkistamatta 3D-mallia luodessaan. On selvää, että jo tuotannossa valmistettujen, virheellisten osien yhteensovittaminen on hankalaa tai mahdotonta, jolloin tuloksena on, että osat joudutaan suunnittelemaan ja valmistamaan uudelleen. Väärin mitoitettujen toiminnallisten välykset tarkoittavat joko liian suurta tai pientä välystä oven ja karmien välillä. Tässä tapauksessa osat usein ovi ja karmi sopivat yhteen, mutta tuotteen ääni- palo- ja valo-ominaisuudet kärsivät.

Puutteellinen tuoterakenne voi esiintyä tuotanto-ohjausjärjestelmän nimikkeen rakennemallin osapuutteena tai rakennevajauksessa. Jokaiselle tuotteelle on kohdistettu oma numerosarja eli nimike. Nimikkeen ollessa kokoonpano tai pelkkä osa, on sille aina olemassa oma rakennemallinsa, jonka aliriveinä ovat joko kokoonpanon eri osat tai osan käyttämä materiaali. Rakennemallista on nähtävissä, mikä versio kyseisen nimikkeen kohdalla on aktiivinen, esimerkiksi revisio A tai B. Puhuttaessa puutteellisesta rakennemallista, tarkoittaa se, että nimikkeestä ei ole nähtävissä mitään materiaalia jokin tietty kokoonpanon osa käyttää tai kokoonpanon kaikkia käyttämiä osia ei näy. Tällöin nimike ei avaudu aliriveihin saakka.

Kyseiset virheet ovat usein miten johtuvaisia tuoterakenteen tarkistuksessa, koska kaikkea tuotteessa käytettävää tietoa ei ole mahdollista siirtää suunnitteluohjelmistosta suoraan tuotanto-ohjausjärjestelmään, vaan tieto on mekaanisesti syötettävä tuoterakenteelle. Usein miten mekaanisesti lisättävä tieto esimerkiksi maalikoodin lisääminen nimikkeen rakenteeseen.

Kokoonpanoissa ja osissa suunnittelija määrittelee olemassa olevan vaihemallilistan pohjalta sopivimman vaihemallin käytettäväksi. Vaihemallilla tarkoitetaan numerosarjaa, johon liitetty osan valmistuksessa tarvittavat vaiheet, kuten leikkaus, särmäys ja maalaus. Vaihemallit ovat yksilöity esimerkiksi särmättävän tuotteen särmien lukumäärällä sekä osan nimellä, esimerkkinä mainittakoon ”vaihemalli / D28138 / särmätty ovipelti / 8 särmää”.

Suunnittelija näppäilee suunnitellun osan tietoihin Custom Tools -ohjelmaa hyödyntäen vaihemallin numerosarjan. Suunnittelijan käyttäessä väärää vaihemallia, muodostaa se väärää ohjaussignaalia tuotannolle, esimerkiksi vaihemalli voi ohjata tuotetta väärälle koneelle valmistettavaksi ja toisaalta se voi aiheuttaa väriä työarvoja valmistetuille osille. Vaihemallin puuttuminen voi taas aiheuttaa häiriöitä valmistettavien töiden avauksiin, koska tuotannon ohjausjärjestelmä itse ehdottaa avattavia töitä työnsuunnittelijalle vaihemallien avulla. Vaihemalleihin liittyvät virheet ovat johtuvaisia usein, miten suunnittelijan väärästä vaihemalli valinnasta.

Ovituotteen ja ovituotteen käyttämien osien uudelleensuunnittelu astuu usein esiin, kun mietitään, miten samalle asiakkaalle viimeksi toteutettu tuote soveltuu nykyiselle valmistukselle. Ovituote voi olla asiakasvaatimuksiltaan täysin samanlainen kuin esimerkiksi 5 vuotta sitten toimitettu ovituote. Ongelmana on kuitenkin, että yrityksen uudistunut konekanta ja valmistuksen toimintatavat ovat muuttuneet aikojen kuluessa. Muita näkökohtia ovat esimerkiksi tuotannon käyttämät vakioidut osat, joita vanhat tuoterakenteet eivät pidä sisällään. Myös erilaiset toiminnalliset välykset nykyisten ja vanhojen ovituotteiden välillä aiheuttavat usein tuotteen uudelleen suunnittelua, koska vanhojen ovituotteiden välykset eivät takaa hyvää ääni-, palo- ja paloeristettävyyttä. Vanhoissa ovituotteissa voi esiintyä myös virheitä, joita ei ole syystä tai toisesta korjattu, mikä taas ennemmin tai myöhemmin johtaa tuotteen tai sen käyttämän osan uudelleen suunnitteluun.

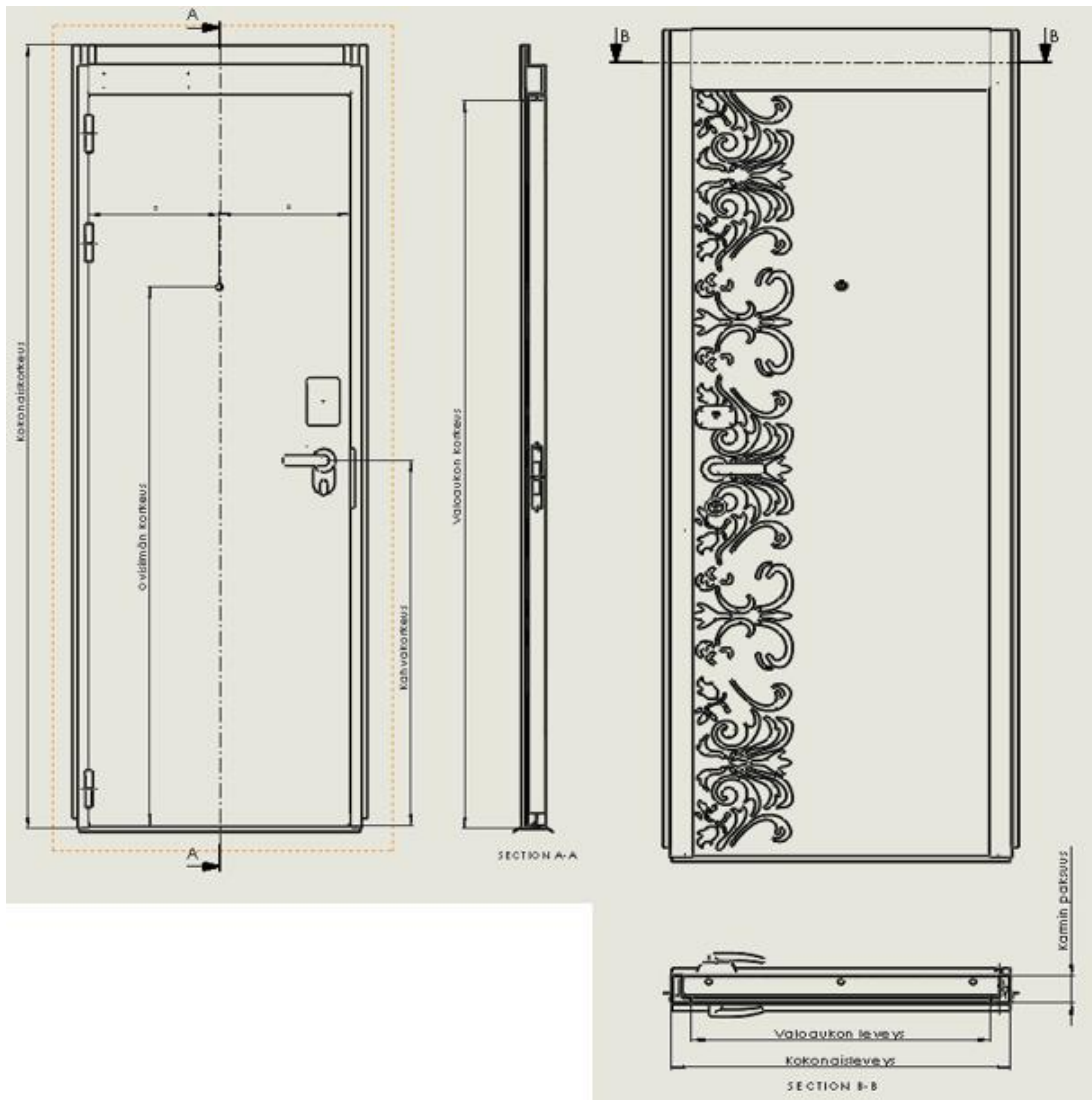
Yleisenä haasteena on myös hyödyntää tuotannonohjausjärjestelmässä olevia, jo suunniteltuja osia tai kokoonpanoja, koska tuotannon ohjausjärjestelmästä on vaikea etsiä sopivaa osaa tai kokoonpanoa pelkän nimen ja nimikkeen numerosarjan avulla. Löydettyä suunnittelijan mielestä sopiva ovituote tuotannonohjausjärjestelmästä tulevan ovituotteen suunnittelun pohjaksi, on kuitenkin riskinä, että löydetty ovituote on virheellinen.

Yhteenvetona uudelleensuunnittelu on seurausta valmiiden tuoteratkaisujen puuttumisesta, virheellisistä pohjamalleista tai huonosta vanhojen osien hyödynnettävyydestä.

Puhuttaessa DFMA:sta (Design for Manufacturing and Assembly), tarkoitetaan sillä tuotantoystävällistä valmistusta ja kokoonpanoa. Ovien osalta tuotantoystävällinen ratkaisu pohjautuu nykyiseen oven rakenteeseen, jolle on ominaista tuotannossa vakioitujen osien käyttö ja samankaltaiset kokoonpanot hitsauksen, maalauksen ja kokoonpanon osalta. Ongelmat astuvat esiin, jos asiakasvaatimuksia ei voida täyttää nykyisillä tuoterakenteilla. Ongelmat voi johtua esimerkiksi uudesta lukosta, jolle ei ole olemassa tuoteratkaisua. Tämä voi johtaa siihen, että nykyisten vakio-osien käyttö ei ole mahdollista tai, että lukko vaatii toimiakseen tiukemmat valmistustoleranssit tai oman hankalan poikkileikkausmuodon, joka hankaloittaa valmistuksen toimintaa suurimmassa määrin. Yhtä kaikki, haasteellisten asiakasvaatimusten täytyminen vaatii suunnittelun ja valmistuksen välistä kommunikointia onnistuakseen.

## 5 ASIAKASKOHTAISET OVITUOTTEET

Ovituotteille kohdistuvat vaatimukset koostuvat asiakaskohtaisista päämitoista, joita on esitetty selkeämmin kuvassa 19. Mittojen lisäksi ovituotteille on esitetty vaatimuksia pintakäsittelyn, lukon, kahvan, kilven, ovisilmän, laminaattien ja ovipumpun suhteen. Vaatimuksilla pintakäsittelyssä tarkoitetaan yleisesti käytettävää maalin värisävyä, lukon ja kahvan osalta käytettävää mallia, ovisilmän osalta sen sijaintia, käytettävän laminaatin osalta sen paksuutta ja asennuspuolta sekä ovipumpun osalta sen kiinnitys rei'itystä ja asennussuuntaa.



**Kuva 19.** Asiakaskohtaiset päämitat.

Oven päämittoja ovat valoaukon korkeus ja leveys sekä kokonaiskorkeus ja -leveys. Valoaukko tarkoittaa karmin pienintä mitta leveyden ja korkeuden suhteen, toisin sanoen valoaukko on tila, joka määrittelee hyttiin kuljettavan maksimileveyden ja -korkeuden. Kokonaiskorkeudet ja -leveydet, sekä karmin paksuudet vaihtelevat laivan käytävien korkeuksien ja leveyksien mukaisesti. Kahvakorkeuden ja mahdollisen ovisilmän korkeuden suhteen on eroja asiakaskohtaisesti. Väreillä ja pintamateriaaleihin vaikuttavat pitkälti laivan arkkitehtuuri.

Hyttioven rakenteen päämitat ja vaatimukset nojaavat pitkälti palosertifikaattien ja äänitestien tuloksiin. Palosertifikaatit määrittelevät kuinka suuri ovi on mahdollista valmistaa ja minkälainen oven rakenne tulee olla. Esimerkiksi käytettävät tiivisteet, maalit, rakennemateriaalit ja lukot ovat palotestattuja. Jos asiakasvaatimuksena on jokin muu lukkotyyppi tai lisävaruste, on tutkittava, onko kyseinen rakenne mahdollista asentaa palosertifikaatin esittämissä rajoissa tuotteeseen. Antti-Teollisuuden valmistamien ovituotteiden palosertifikaatti lukeutuvat määritelmään, jossa oven on kestettävä tulipaloa 30 minuutin ajan päästämättä liekkiä lävitse palopesäkkeen toiselle puolelle. Palosertifikaatin myönnetään virallisen palotestin perusteella. Palotestit järjestetään tarkastuslaitosten laboratorio-olosuhteissa.

Ovituotteiden äänieristävyyttä on testattu myös ääniteknisissä laboratorio-olosuhteissa, joissa tutkitaan kuinka hyvin rakenne eristää ääntä. Hyttioven hyvä äänieristävyys on osaltaan iso osa hyttien mukavuutta ja takaa laivan asiakkaille matkustusrauhan. Nykypäivänä myös valotestaukset ovat lisääntyneet laivoissa, mikä tarkoittaa sitä, että ovituotteen rakenne ei saa päästää valoa läpi. Suurennuslasin alla ovat erityisesti oven ja karmin välisten rajapintojen tiiveys.

Palo- ja äänieristävyys saavutetaan oven sisäisellä eristerakenteella ja pienillä toiminnallisilla välyksillä. Pienet toiminnalliset välykset edellyttävät hyvää suunnittelua ja valmistustarkkuutta sekä täsmällistä laadun seurantaa.

### 5.1 Oven rakenne

Kuvassa 20 on esitetty erään asiakkaan hyttiovirakenne. Tarkempi ovituotteen rakenne on kuvattu liitteessä 2, jossa väreillä on esitetty, mitkä ovituotteen osista tai kokoonpanoista ovat asiakaskohtaisia, ostettuja tai yrityksen itse vakioimia osia.



**Kuva 20.** Ovituotteen 3D-malli.

Karkealla jaottelulla ovituote koostuu ovesta, karmista, sekä erilaisista asennuslistoista. Karmi jaotellaan kolmeen eri kokoonpanovaiheeseen; hitsaus, maalaus ja kokoonpano. Karmin muodoissa, väreissä ja mitoissa esiintyy suurinta erovaisuutta eri asiakkaiden välillä.

Karmi on rakenteeltaan valmistettu sähkösinkitystä tai ruostumattomasta teräksestä, ohutlevyrakenteita hyödyntäen. Pääasiassa käytettävät levyaihiot leikataan levytyökeskuksella ja särmätään joko mekaanisesti särmäyspuristimella tai taivutusautomaatilla. Karmin hitsaus suoritetaan hitsauskokoonpanossa silloittamalla osat toisiinsa, ilman, että tuotteen näkyvälle pinnalle tulee jälkiä. Hyttioven maalaus suoritetaan yrityksen omassa pulverimaalaamossa, jossa maalattavat osat pestään, kuivataan ja pintakäsitellään asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Karmin maalauksen jälkeen karmi siirretään kokoonpano-osastolle, jos karmiin asennetaan lukon vastarauta, käytettävät tiivisteet sekä saranat. Myös mahdolliset apukarmilistat asennetaan asiakaskohtaisesti karmirakenteeseen.

Oven rakenne jaotellaan kahteen kokoonpanoon; oven liimauskokoonpanoon sekä loppukokoonpanoon. Oven liimauskokoonpanossa oven sisälle asennetaan runko ja villarakenne, joilla saavutetaan aiemmin mainittu ääni- ja paloeristettävyys. Itse liima ruiskutetaan oven pintapelteihin ennen oven pintapeltien yhteen liittämistä. Osien asennuksien jälkeen ovi siirretään liimauspuristimelle, jossa puristus ja lämpö yhdessä saavat oven puoliskot liimautumaan toisiinsa. Oven pintapeltien materiaaleina käytetään sähkösinkittyjä tai muovipinnoitettuja ohutlevyjä, joille ominaista on erilaiset värisävyt.

Oven kokoonpanossa liimattuihin oviin asennetaan asiakaskohtaisesti esimerkiksi reunalistat, ovisilmä, saranat, sekä tiivisteet. Ovituote kootaan yhteen ovesta ja karmista ja suojataan kuljetuksen ajaksi. Kokoonpano tapahtuu kokoonpanopöydillä, jotka on varusteltu kokoonpanossa tarvittavilla työkaluilla.

## 5.2 Tuotemallistot

Antti-Teollisuuden tuotemallistot voidaan pääsääntöisesti neljään tuotekategoriaan; hytti-, sisustus, pari- ja väliovet. Hyttiovet ovat nimensä mukaisesti toimivat asiakkaiden ja laivan miehistön hyttiovinä. Pääsääntöisesti hyttiovilta vaaditaan palo- ja äänieristettävyttä, kun taas sisustus, pari- ja väliovien osalta vaatimuksena on paloeristettävyys.

Sisustusovet toimivat yleisesti esimerkiksi laivan kokoustilan tai ravintolan ovena. Sisustusovien osalta äänieristävyys ei ole niin merkittävä vaatimus, mutta paloeristävyys tulee kuitenkin täyttyä. Pariovet sijaitsevat esimerkiksi jonkin kokoustilan tai sviittihuoneiston makuuhuoneen ovena. Pariovia on olemassa myös äänieristävyysvaatimuksen täyttäviä, mutta pääasiassa niitä koskevat vain palotekniset vaatimukset.

Väliovet sijaitsevat yleisesti esimerkiksi perhehyttien sisällä, jolloin matkustajille voidaan jakaa käytettävä huoneisto kahteen eri kokonaisuuteen. Kuvassa 21 on esitetty hyttiovi ja kuvassa 22 pariovi, joiden visuaalinen ilmi eroaa valtavasti toisistaan käytettävien pintamateriaalien kautta. Kuvista on havaittavissa, että ovituote on iso osa laivan arkkitehtuuria.



**Kuva 21.** Antti-Teollisuuden valmistama hyttiovi (muok. Antti-Teollisuus 2017).



**Kuva 22.** Antti-Teollisuuden valmistama pariovi (muok. Antti-Teollisuus 2017).

### 5.3 Asiakaskohtaisten parametrien vaikutus tuotesuunnittelussa.

Liitteessä 3 on esitetty miten erilaiset muutokset vaikuttavat ovituotteen suunnitteluun. Taulukossa punaisella merkityt kuvaavat muuttujia, jotka kaupanteon yhteydessä asiakaskohtaisesti määritellään. Taulukon tarkoituksena on kuvata, kuinka moneen osaan yhdellä muuttujalla on todellisuudessa vaikutusta. Taulukon määrittely voidaan käyttää, jos taulukon muut muuttujat pysyvät samana. Eli, jos esimerkiksi asiakkaalle esitettyyn tuoteratkaisuun asiakas haluaa muuttaa vain valoaukon korkeutta ilman, että kokonaiskorkeus muuttuu.

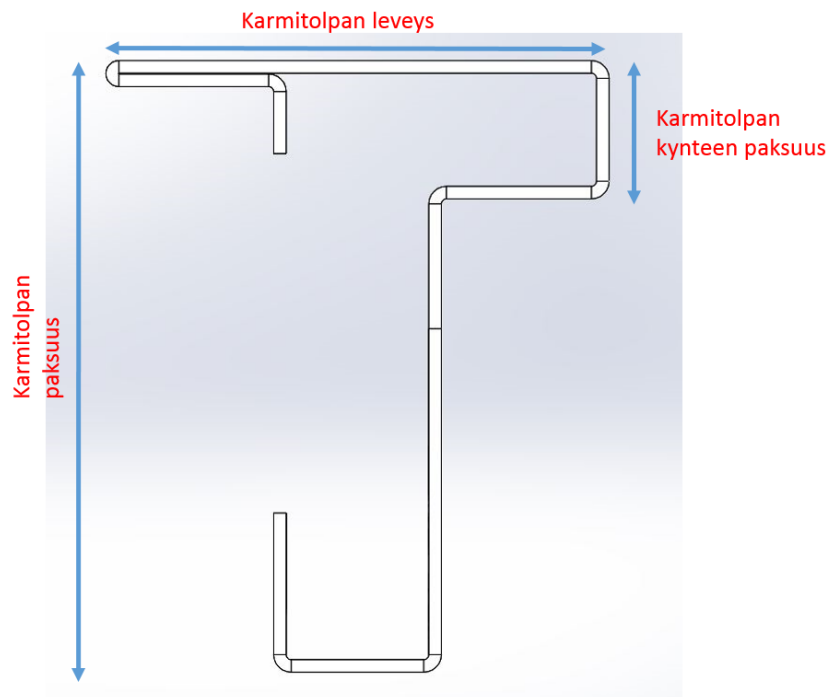
Suurimmat muutokset syntyvät, jos muuttujana on joko valoaukon leveys, valoaukon korkeus tai kahvakorkeus. Valoaukon leveyden muutos vaikuttaa karmissa yläkotelon, kynnyksen ja karmitiivisteiden mittoihin ja ovesa, ovipeltien, villoituksen ja ovitiivisteiden mittoihin. Suunnittelun kannalta valoaukon leveyden muutos on helpompi toteuttaa valmiiseen tuoterakenteeseen kuin valoaukon korkeuden muutos. Valoaukon leveyden muutoksessa uusien suunniteltavien osien määrä pysyy korkeana, mutta muutos tapahtuu ainoastaan osan leveyttä kasvattamalla, jolloin ei tarvitse keskittyä osassa muihin esiintyviin parametreihin, kuten esimerkiksi mahdollisiin kiinnitysreikiin tai aukotuksiin.

## 6 ASIAKASKOHTAISET MITOITUSEROT

Tässä luvussa tutkitaan neljälle eri asiakkaalle samaan risteilijään toimitettuja ovituotteita. Tutkimuksessa keskitytään tunnistamaan ovien yhtäläisyydet ja eroavaisuudet eri asiakkaiden välillä. Tutkittavina tuotteina ovat hytti-, sisustus-, väli- ja pariovet, joista on kerätty tuotteiden päämitat taulukkomuotoon. Oven äärimittoja ei ole haluttu esittää, koska toiminnallisia välyksiä ei ole haluttu tuoda esiin julkisesti. Mitan on otettu suunniteltujen ovituotteiden 3D-malleista.

### 6.1 Mitat

Oveen vaikuttavat mitat ovat jaoteltu mitoituksen osalta seuraavasti: valoaukon leveys, valoaukon korkeus, karmin paksuus, karmitolpan leveys, karmitolpan kynteen paksuus sekä oven paksuus. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi hytti -, sisustus -, väli -ja pariovien mitoitusta. Kuvassa 23 on esitetty vielä tarkemmin karmitolpan mitattavat kohdat. Valoaukon määrittely on esitetty aiemmin kuvassa 19.



**Kuva 23.** Karmitolpan terminologia.

## 6.1.1 Hyttiovet

Hyttiovien mitoitus on esitetty taulukossa 6. Asiakas C:lle ei toimitettu hyttiovia.

*Taulukko 6. Hyttiovien mitat.*

Hyttiovet				
Mitat \ Asiakas	A	B	C	D
Valoaukko lev. (mm)	575	620		590
	600	650		640
	620	800		680
	800	900		
	900			
Valoaukko kork. (mm)	1929,5	2000		1930
	1989,5	2030		1990
Karmitolpan leveys (mm)	60	60		45
Karmitolpan paksuus (mm)	73	73		70–75
Karmitolpan kynte (mm)	16,5	15–16,5		15–20
Oven paksuus (mm)	52,5–53,3	52,5–54,6		50

## 6.1.2 Sisustusovet

Sisustusovet on esitetty taulukossa 6. Asiakas A:lle ja D:lle ei toimitettu sisustusovia.

*Taulukko 7. Sisustusovien päämitat.*

Sisustusovet				
Mitat \ Asiakas	A	B	C	D
Valoaukko lev. (mm)		550	500	
		600	600	
		625	700	
		700	800	
		950	900	
Valoaukko kork. (mm)			1950	
			1985	
			2000	
Karmitolpan leveys (mm)		40	40	
Karmitolpan paksuus (mm)		50	50	
Karmitolpan kynte (mm)		litistetty	litistetty	
Oven paksuus (mm)		44,2	42	

## 6.1.3 Väliovet

Taulukossa 7 on esitetty väliovien mitoitus. Asiakkaalle C:lle ei toimitettu väliovia.

Taulukko 8. Väliovien päämitat.

Väliovet				
Mitat \ Asiakas	A	B	C	D
<b>Valoaukko lev. (mm)</b>	550	550		500
		600		
<b>Valoaukko kork. (mm)</b>	1875	1925		1942
	1925			
<b>Karmitolpan leveys (mm)</b>	38	40		35
<b>Karmitolpan paksuus (mm)</b>	42	50		38-45
<b>Karmitolpan kynte (mm)</b>	litistetty	litistetty		litistetty
<b>Oven paksuus (mm)</b>	34,7	44		32-36,4

## 6.1.4 Pariovet

Pariovien mitoitus on esitetty taulukossa 8. Asiakkaille A:lle ja D:lle ei toimitettu pariovia.

Taulukko 9. Pariovien mitat.

Pariovet				
Mitat \ Asiakas	A	B	C	D
<b>Valoaukko lev. (mm)</b>		1300	1100	
		1450	1200	
		1600		
<b>Valoaukko kork. (mm)</b>		2000	2000	
		2050		
<b>Karmitolpan leveys (mm)</b>		40	40	
<b>Karmitolpan paksuus (mm)</b>		50	50	
<b>Karmitolpan kynte (mm)</b>		litistetty	litistetty	
<b>Oven paksuus (mm)</b>		44,7	42	

## 7 MITOITUSEROJEN ANALYSOINTI

Tässä luvussa analysoidaan luvussa 6 esitettyjen taulukoiden mittoja sekä tuotteiden välisiä yhtäläisyyksiä ja eroja.

### 7.1 Hyttiovet

Hyttiovien osalta valoaukon leveys jakaantui seuraaviin kokoluokkiin: 575 mm, 590 mm, 620 mm, 640 mm, 650 mm, 680 mm, 800 mm ja 900 mm. Valoaukon korkeus jakaantuivat seuraaviin mittoihin 1929,5 mm, 1930 mm, 1989,5 mm, 1990 mm, 2000 mm ja 2030 mm. Karmin paksuudet olivat välillä 70–75 mm ja karmien leveydet olivat 45 mm tai 60 mm. Karmitolppien kynteen paksuudet olivat välillä 15–16,5 mm. Oven paksuudet olivat välillä 50–54,6 mm.

Hyttiovia käsiteltävästä taulukosta 6 on havaittavissa, että valoaukon leveydessä on eniten hajontaa neljän asiakkaan välillä. Valoaukon korkeudet ovat taulukon mukaisesti hyvin lähellä toisiaan. Asiakas A:lla ja D:llä valoaukon korkeus on käytännössä sama, erona on ainoastaan 0,5 mm. Tämän pohjalta voisi kuvitella, että molemmille asiakkaille sopisi samanlainen ovirakenne. Asiakas C:llä valoaukon korkeudet ovat 2000 mm ja 2030 mm.

Karmipaksuudet ovat asiakkailta A ja B samat, 73 mm, ainoastaan asiakkaalle D karmipaksuus oli joko 70 mm tai 75 mm. Karmin leveydet olivat myös asiakkailta A ja B samat, 60 mm, kun asiakkaalle D, karmipaksuus oli 45 mm. Karmien muodot olivat melkein samat näiden kolmen asiakkaan suhteen, mutta asiakas D:lle karmitolpan Z -kirjainta muistuttava muoto oli tehty asennuslistalla. Karmitolppien kynteen paksuudet olivat asiakkailta A ja B hyvinkin samanlaiset, mutta asiakas D:llä tässä esiintyi eniten vaihtuvuutta. Karmitolpan kynteen paksuuteen vaikuttavat eniten oven paksuus, koska tarkoituksena saada tietty välitys oven ja karmin välillä. Pääsääntönä tässä on, että, jos ovi on paksu, niin kyntettä ohentamalla saadaan lisää tiivistevälystä ja kääntäen, jos ovi on ohut paksuudeltaan, voidaan käyttää paksumpaa kyntettä.

Hyttiovien osalta oli eniten hajontaa asiakkailta A, B ja D. Hyttiovi on ilman reunalistoja ja oven pintamateriaaleja asentamatta keskimäärin 50 mm paksuudeltaan. Oven paksuus

kasvaa sen mukaan käytetäänkö ovissa reunalistoja tai reunalistojen kanssa eri paksuisia laminaatteja.

### 7.2 Sisustusovet

Sisustusovien osalta valoaukon leveys jakaantui seuraaviin kokoluokkiin, 500 mm aina 950 mm leveyteen asti, keskimäärin 100 mm porrastuksin. Valoaukon korkeus jakaantuivat mittoihin 1950 mm, 1985 mm ja 2000 mm. Karmin paksuudet olivat 50 mm ja karmien leveydet olivat 45 mm. Karmitolppien kynte oli muodoltaan litistetty. Oven paksuudet olivat välillä 42–44,2 mm.

Sisustusovia käsiteltävästä taulukosta on havaittavissa, että valoaukon leveydessä on eniten hajontaa asiakkaiden B ja C välillä. Valoaukon korkeudet olivat taulukon mukaisesti hyvin lähellä toisiaan. Valoaukon korkeuden osalta mittavaihtelua ei ollut pahemmin, eikä mittaero ollut myöskään suuri.

Karmipaksuudet olivat asiakkailta B ja C samat, 50 mm. Ainoa erona oli ainoastaan karmin Z-muodon rakenne. Asiakas B:lle muoto luotiin litistämällä, kun yritykselle C muoto tehtiin asennuslistoilla.

Sisustusovien osalta oven paksuus oli keskimäärin 40 mm, mutta käyttämällä reunalistoja ja laminaatteja oven paksuus kasvoi. Asiakas B:n ovien paksuuserot ovat seurausta reunalistoista ja laminaateista. Asiakas C:n ovissa ei käytetty reunalistoja tai laminaatteja.

### 7.3 Väliovet

Väliovien osalta valoaukon leveys jakaantui seuraaviin kokoluokkiin; 500 mm, 550 mm ja 600 mm. Valoaukon korkeus jakaantuivat mittoihin; 1875 mm, 1925 mm ja 1942 mm. Karmin paksuudet olivat välillä 38–50 mm ja karmien leveydet välillä 35–40 mm. Karmitolppien kynte oli muodoltaan litistetty. Oven paksuudet olivat välillä 32–34,7 mm, mutta poikkeuksena oli asiakas B:n kohdalla ovi, joka oli paksuudeltaan 44 mm.

Väliovia käsiteltävästä taulukosta oli havaittavissa, että valoaukon leveydet ovat erittäin lähellä toisiaan asiakkaiden A, B ja D osalta. Sama pätee myös valoaukon korkeuteen. Yhtenäistä asiakkaiden välillä oli sama karmimuoto, joka muuten poikkeaa hytti- ja

sisustusovissa käytettävistä karmimuodoista. Itse karmipaksuuksissa oli paljonkin hajontaa, samoin kuin karmitolppien leveyksissä.

Väliovien osalta oven paksuus on keskimäärin 32 mm, mutta käyttämällä reunalistoja ja laminaatteja oven paksuus kasvoi. Asiakas D:n osalta oli havaittavissa poikkeus tämän suhteen, koska oven paksuus muistutti lähinnä sisustusoven paksuutta reunalistoilla ja laminaateilla varustettuna.

#### 7.4 Pariovet

Asiakkaiden B:n ja C:n osalta pariovien valoaukon leveys jakaantui seuraaviin kokoluokkiin: 1100 mm, 1200 mm, 1300 mm, 1350 mm ja 1600 mm. Valoaukon korkeus jakaantuivat mittoihin; 2000 mm ja 2050 mm. Karmien paksuudet olivat molemmille asiakkaille 50 mm ja leveys 40 mm. Karmitolppien kynte oli muodoltaan litistetty. Oven paksuudet olivat välillä 40–44,7 mm. Pariovet käyttivät sisustusoven ovien paksuutta tuoterakenteessa, ja ovien paksuus kasvoi suuremmaksi käytettävien reunalistojen ja laminaattien myötä.

#### 7.5 Yhteenveto asiakohtaisista mittaeroista

Eroavaisuuksien taustalla painavat asiakaslähtöisten tuotevaatimusten täyttäminen. Tarkastellessa hyttiovia, oli asiakkaiden välillä paljon vaihtelua myös karmin yläkotelon sekä kynnyksen muodoissa, vaikka ovet menivätkin samaan laivaan. Muita eroavaisuuksia mitä ei taulukossa ilmene, kohdistuivat varusteluteknisiin vaihtoehtoihin. Esimerkiksi asiakas A:n hyttiovet koostuivat erilaisista reunalistan materiaalivaihtoehdoista, kuten muovipinnoitetuista reunalistoista tai maalatuista erivärisistä reunalistoista. Muut eroavaisuudet liittyivät ovisilmän ja ovipumpun sijaintiin. Myös karmin asennuslistoissa oli paljon vaihtelua mitoituksessa ja muodoissa. Yhtenä iso poikkeavuutena ulkonäöllisesti oli asiakas D:n ovissa käytettävän kuvio, jota ei muilla asiakkailla esiintynyt.

Toimitettavien hyttiovien eroavaisuudet olivat tehneet suunnittelusta paljon vaikeampaan, koska suunnittelijoiden piti ymmärtää ja nähdä mahdolliset yhtäläisyydet ja erot toimitettavien tuotteiden välillä, jotta voitiin välttää osien turha uudelleen suunnittelu. Eli asiakkaan lähtötiedoista suunnittelijan oli osattava havaita, mikä osa tai kokoonpano soveltuvainen hyödynnettäväksi missäkin tuotteessa. Se, että miten asioita oli mahdollista

havaita, riippui täysin asiakasvaatimusten esitystavasta ja laadusta, eli olivatko esitetyt asiakasvaatimukset puutteelliset tai muuten epäselvät.

Asiakas A:n tuotekohtaiset vaatimukset oli esitetty lähtötietopiirustuksessa ja teknisessä erittelyssä, jota tuotetta suunnittelevan henkilön oli helppo lukea ja ymmärtää. Ainoana ongelmana olivat lähtötietopiirustusten piirustustekniset erovaisuudet, jotka aiheuttivat kysymyksiä suunnittelijoille. Hyttiovien asennussuunta oli esitetty piirustuksista riippuen muutamalla eri tapaa, joka aiheutti suunnittelijoille miettimistä, koska monet varusteet, kuten esimerkiksi ovisilmän ja lukkotyyppin asennus suunta olivat täysin riippuvaisia oven avautumissuunnasta. Oven avautumissuunnalla voi olla joko käytävälle tai hyttiä kohti.

Muita huomion arvioisia asioita oli esimerkiksi asennuslistojen käyttö ja kiinnitysreikien sijainti niin karmitolpissa kuin kyseissä asennuslistoissa. Reikien sijainnin muutos tuotteiden välillä loi suunniteltavasta osasta, kokoonpanosta ja koko tuotteesta uuden, vaikkakin tuotteen päämitat olivatkin samat. Asiakas oli usein jo omissa lähtötiedoissaan määritellyt, kuinka etäältä karmin pinnasta, seinän kiinnitysreikien tulee olla ja minkä kokoiset kiinnitysreikien tulee olla. Vaihtelu kiinnitysreikien sijainnissa ja koossa hankaloitti karmitolppien suunnittelua, koska ennestään karmitolpissa on oltava reiät saranoiden ja lukon kiinnitykselle.

Sisustusovien osalta ei ollut havaittavissa niin paljon tuotteen suunnitteluun vaikuttavia muuttujia kuin hyttioivissa. Kuitenkin asiakas B:lle toimitetut sisustusovet olivat asiakas C:n verrattuna paljon monimuotoisempia. Asiakas C:n ovet olivat rakenteeltaan täysin samanlaisia, ja eikä niissä esiintyneet mahdolliset varusteet, kuten oven ilmanaukko-tilät tai ikkunat vaikuttaneet tuotteen mitoittamiseen lainkaan. Asiakas B:n sisustusovien monimuotoisuus liittyi käytettäviin reunalistoihin ja niiden värisävyihin sekä laminaattiratkaisuihin. Muut vaihtelut, joita taulukossa ei esiintynyt kohdistuivat tiivisteiden sijasta käytettäviin törmäysnastoihin, joiden tarkoituksena korvata normaalisti karmissa käytettävä tiiviste, kun tuotteelle ei ole asetettu ääni-, palo- tai valotiiveyteen liittyviä vaatimuksia.

Reunalistan ja laminaattien käyttö sisustusoven ohuessa karmitolpassa asetti suunnittelulle haasteita, koska tiivisteelle tarvittava tila oli saatava muodostettua tuoterakenteeseen.

Toteutuksen suunnittelussa oli arvioitava tuotteen visuaalista ilmettä ja käytettävän lukon, vastaraudan ja saranan toiminta-alueita.

Sisustusovien asiakasvaatimusten laadullisuudessa oli havaittavissa samanlaista eroavaisuutta kuin hyttiovissakin. Poikkeuksena olivat kuitenkin lähtötietopiirustuksen ja teknisen erittelyn puuttuminen. Lähtötiedot oli eritelty Excel-tiedostoon taulukkomuodossa, jossa oli esitetty tuotteeseen vaikuttavat parametrit. Tietojen puutteellisuus lähtötiedoissa ja teknisissä erittelyissä häiritse asiakas B:n tuotteiden suunnittelua, koska tietoa oli haettava joko projektikansiosta tai sähköposteista, jolloin tiedon hakemisesta tuli aikaa vievää. Pahimmassa tapauksessa tietoa oli kyseltävä suoraan asiakkaalta, jolloin projektikohtaista aikataulua oli suunniteltava uudelleen tietoa odotellessa.

Väliovien osalta tuotteissa ei ollut eroavaisuuksia asiakkaiden A:n ja B:n välillä, jos tulkitaan pelkkää mitoitusta. Tuotteen ulkomuodossa oli kuitenkin eroavaisuutta, koska asiakas A:n karmeissa oli erillinen klipsimuoto, johon asiakas kiinnitti haluaman listoituksensa. Asiakas B:n väliovet sisälsivät asiakas A:sta poiketen reunalistat, laminaatit ja jousisaranat. Väliovissa oli haasteena asiakas B:n osalta myös oven paksuus, koska jo useaan otteeseen mainitut reunalistat ja laminaatit kasvattivat oven paksuutta.

Pariovien osalta, ei ollut havaittavissa suurta eroavaisuutta asiakas B:n ja C:n osalta. Valoaukkojen leveydet olivat tietysti erilaiset, mutta oven rakenne muistutti kuitenkin paljon toisiaan. Asiakas B:lle oli ominaista reunalistojen ja laminaattien käyttö, kun taas asiakas C:n pariovet olivat reunalistattomia. Asiakas C:n pintamateriaalien käytössä oli eniten eroavaisuuksia, koska ovissa käytettiin monia eri muovipinnoitteisia ohutlevyjä ja karmeissa erilaisia värejä. Muut varusteet kohdistuivat ilmanottosäleikön käyttöön. Karmin muodoissa oli havaittavissa eroavaisuutta molempien asiakkaiden välillä. Asiakas C:n karmit olivat joko Z- tai T-muotoa, ja muodot luotiin karmin kokoonpanossa asennuslistoilla, kun taas asiakas B:lle karmin muoto valmistettiin osavalmistuksessa särmäämällä. Muita muuttujia olivat tuotekohtaiset määrittelyt käyntioven leveydelle. Pääsääntöisesti parioven molemmat ovet olivat asiakkailta yhtä suuret, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia, joissa käyntiovi mitoitettiin selkeästi suuremmaksi.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli ”Mitkä ovat nykyisen ovisuunnittelun haasteet ja ongelmat?”. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että nykyisen ovisuunnittelun haasteet kohdistuvat tuotteen uudelleen suunnittelun määrään sekä puutteellisista asiakasvaatimuksista johtuvaisiin seurannaisongelmiin. Nykyistä ovisuunnittelua ohjaavat asiakaskohtaisesti vaatimukset. Ovisuunnittelun toiminta muistuttaa osion 2.2.2 kuvassa kahdeksan esiintyvää täysin räätälöityä toimintamallia, jossa asiakkaalla on täydet valtuudet vaikuttaa tuotteen suunnitteluun. Myös oheistoiminnot, kuten valmistus, kokoonpano tai toimitus muuttavat toimintaansa tuotteen asiakasvaatimusten pohjalta. Tämän tyyppisessä toimintamallissa suunniteltuja ovituotteita ei pystytä hyödyntämään eri asiakkaiden välillä, jolloin suunnittelun työmäärä lisääntyy. Asiakaskohtainen tuoteratkaisu voi huonoimmassa tapauksessa sisältää asioita, jotka hankaloittavat tai tekevät jopa mahdottomaksi tuotteen valmistuksen. Jossain tapauksissa tuotannon voi olla mahdotonta käyttää tiettyjä vakio-osia, joita on mainittu liitteessä 2 tarkemmin. Asiakaskohtainen vaatimusten käsittely ja tuotteen täysi asiakaskohtainen räätälöinti näyttää olevan juurisyy monelle, niin suunnittelussa ja kuin tuotannossa esiintyvälle ongelmalle. Tuntuu, että ongelmana on, että ovituotetta markkinoissa on vaikea ymmärtää täysin mitä asiakas haluaa tai mikä vaikutus asiakasvaatimuksilla koko tuotteen toimitusketjuun aina suunnittelusta asti.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli ”mikä vaikutus asiakasvaatimuksilla on suunnittelussa?”. Tuotteissa, joiden asiakaskohtaiset vaatimukset ovat puutteelliset ovat hankalia selvittää tuotteen ollessa jo suunnittelun käsittelyssä. Pahimmassa tapauksessa asiakaskohtaiset vaatimukset sekoittavat suunnittelun ja tuotannon aikataulutusta ja vaikeuttavat mahdollisesti muiden tilausten toimituksia.

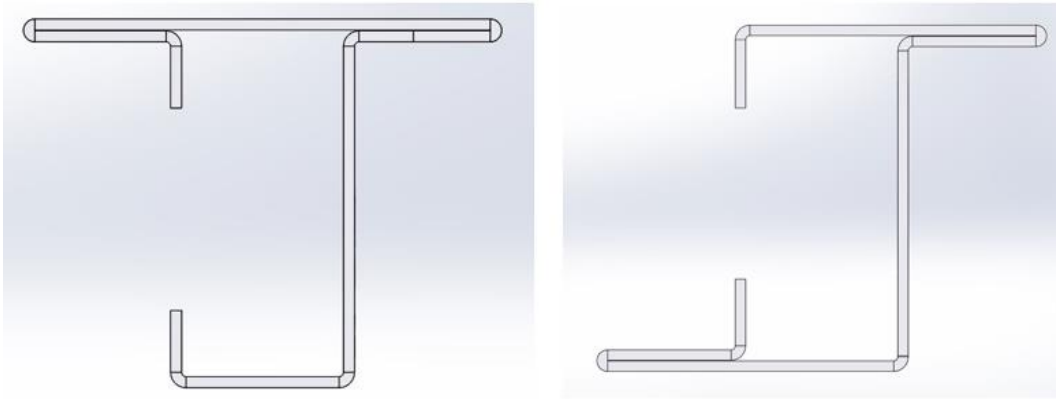
Ovisuunnittelun ongelmat ovat siis johdannaisia puutteellisista asiakasvaatimuksista. Nykyisessä toimintamallissa usein miten asiakasvaatimukset jäävät joko puutteellisiksi tai ristiriitaisiksi, koska tuotteeseen liittyvät määritelmät on esitetty monessa eri paikkaan, esimerkiksi sähköposteissa sekä asiakkaan omissa erittelyissä. Tämän seurauksena suunnitteluun käytettävä aika kasvaa, koska tuotteeseen liittyvää tietoa joudutaan kysymään joko myynnistä tai suoraan asiakkaalta. Toimintaa kuvaa hyvin luvussa 2.1 ja kuvassa 3

esitetty kaavio, jossa puutteellinen asiakasvaatimus tekee toimintamallista hitaan ja hankalan. Puutteellisen asiakasvaatimuksesta on usein, miten seurauksena tuote, joka ei täytä asiakkaan odottamia tarpeita.

Kolmas tutkimuskysymys oli ”Mitä eroja ja yhtäläisyyksiä on havaittavissa asiakaskohtaisissa ovituotteissa?” Ovituuotteissa on havaittavissa suuria eroavaisuuksia niin tuotteen muodoissa, kuin mitoituksessakin. Eroavaisuuksien taustalla ovat jälleen kerran asiakaskohtaiset vaatimukset ja toisaalta valmiiden tuotemallien puuttumien. Ovituuotteet sisältävät joiltakin osien yrityksin sisäisesti vakioimia osia. Tämä muistuttaa lähinnä aiemmin kuvassa 9 esitettyä modulaarisuuden, jossa samakomponentti toistuu eri tuotteessa. Nämä osat ovat lähinnä oven runko-osia sekä karmissa käytettäviä vastarautoja, joita on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

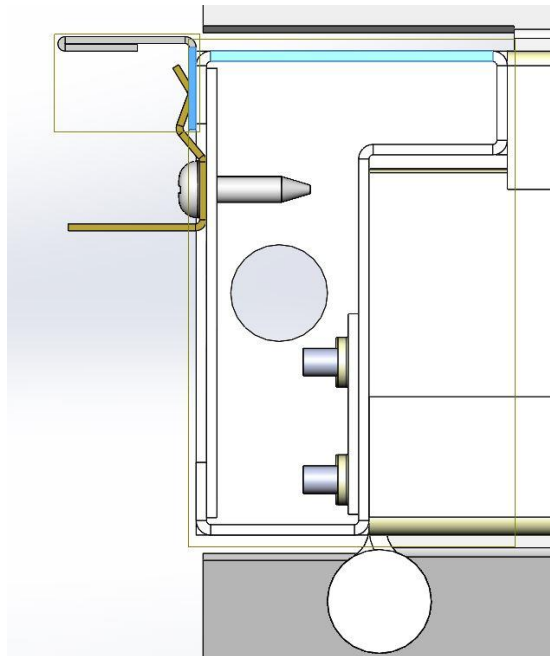
Massaräätälöinnin näkökulmasta katsottuna asiakaskohtaisissa on havaittavissa läpinäkyvää, yhteistoiminnallista sekä kosmeettista muotoa. Pelkät mitoituserot esimerkiksi valoaukoissa muodostavat tuotteiden välille rakenteellisen eron visuaalisen ulkomuodon pysyessä samana. Tällöin voimme puhua läpinäkyvästä erosta tuotteiden välillä, jolle ominaista tuotteen rakenteen muutos visuaalisen ilmeen pysyessä samana. Osassa tuotteista oli myös havaittavissa niin rakenteellista kuin visuaalista eroavaisuutta. Esimerkiksi karmirakenteen eroavaisuudet yläkotelon ja pystykarmien välillä niin muodon, värin kuin mitoituksen osalta tarkoittaa yhteistoiminnallista massaräätälöintimuotoa, jolle on ominaista tuotteen rakenteen kuin visuaalisen ilmeen eroavaisuus. Myös kosmeettista räätälöintimuotoa esiintyi, mutta se kohdistui vain samalle asiakkaalle toimitetuissa tuotteissa. Kosmeettinen räätälöintimuodosta voidaan puhua, tuotteen rakenne pysyy samana, mutta esimerkiksi käytettävän maalin värisävy vaihtuu. Tuotteiden suunnittelussa kosmeettista räätälöintimuotoa on helpointa soveltaa, koska samaan osaan tai kokoonpanoon kohdistuvat materiaalilaadut tai värimuutokset luodaan nimikekohtaisella konfiguraatiolla, jolloin esimerkiksi kuvitteellisen nimikkeen D908010 perään luodaan \_1 tunnus, johon on yhdistetty käytettävä väri tai materiaalilaatu.

Muotojen osalta on tuotava mainittava, että karmien osalta Z- tai T-muodot luotiin asiakkohtaisesti joko asennuslistoilla tai särmämällä. Kuvassa 24 on esitetty särmäyksessä luodut T- ja Z-muodot karmitolppiin.



**Kuva 24.** T- ja Z-karmitolppa.

Kuvassa 25 on esitetty T-karmimuoto, joka on muodostettu asennuslistaa hyödyntäen. Tämän tyyppinen karmimuodon valmistustapa, mahdollistaisi samojen karmimuotojen käytön eri ovituotteille, mikä voisi olla lähtökohtana ovituotteiden parametriselle modulaarisuuden mallille, jossa saman muodon omaavan tuotteen mitoitusta muuttamalla luodaan uusi tuote. Ovituotteessa tämä tarkoittaisi rakenteen leveyden ja korkeuden muutoksista osien poikkileikkauksen muodon pysyessä samana.



**Kuva 25.** T-karmimuoto asennuslistalla muodostettuna.

Karmitolpan muodon vakioinnilla johtaisi myös käytettävien kynnysten muodon vakioimiseen. Kynnysten leveys ja muoto lukittu on kuvassa 24 esitettyihin muotoihin, joka tarkoittaa sitä, että kynnyksen leveys ulottuu aina Z-tai T-muotoisen karmitolpan litistykseen asti. Käytettäessä kuvan 2 mukaista karmitolpan muotoa, voi kynnyksellä olla suorakaiteen muotoinen, jolloin kynnyksen hyödynnettävyys nousee.

Yhtenä kehityksen kohteena voisi olla myös ovien modulaarisempi malli. Tällä hetkellä reunalistallisen ja reunalistattoman oven erovaisuutena on ovipellissä olevan nurkan muoto sekä saranalinjaus. Nurkan muoto ei ole reunalistallisessa mallissa yhtä tiivis kuin reunalistattomassa ovipellissä, mutta reunalistattoman mallin etuna on parempi tuotteen sopivuus taivutusautomaatille. Yhdellä nurkan muodolla päästäisiin hyödyntämään ovipeltien sopivuutta niin reunalistattomaan kuin reunalistalliseen oveen. Oven osalta olisi hyvä myös miettiä karmin paksuuden variointi siten, että oven paksuuden kasvaessa käytettäessä esimerkiksi laminaatteja, olisi tiivistevära aina riittävä ilman, että ovea tarvitsee tuoda ulommas karmin pinnasta. Oven aseman muutos karmin syvyys-suuntaan nähden tarkoittaa aina uuden karmin suunnittelua sekä uuden lukon vastaraudan käyttöä, koska myös lukon kielen asema muuttuu. Aseman muutos luodaan aina saranalinjausta muuttamalla, jolloin myös muutokset näkyvät ovipeltien ja reunalistojen saranalinjauksissa. Jossain tapauksissa muutokset aiheuttavat haasteita myös osavalmistukselle, kun esimerkiksi saranalinjauksen myötä reiän etäisyys menee lähelle taivutettavaa reunaa, jolloin riskinä on reiän venyminen.

Kaikki edellä mainitut ajatukset ovituotteiden muutoksista ovat askel kohti tuotteiden parempaa modulaarisuutta. Käytettäessä hyödyksi modulaaristen osien ja tuotteiden suunnittelussa kirjallisuuskatsauksessa esitettyä MFD- metodia, saadaan tuotteisiin sisällytettyä tuotetta koskevat tekniset tiedot, markkinavaatimukset ja liiketoimintastrategia. Haasteellisinta on luultavasti alkuvaiheen alkukartoitus eri asiakkaiden esittämistä tarpeista ja niiden huomioiminen suunniteltavissa moduuleissa. Suunniteltavien moduulien rajapintojen suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska lähinnä karmeissa esiintyy suurinta erovaisuutta esimerkiksi karmikiinnitysreikien sijainnissa ja suuruudessa. Hyödyt modulaarisissa tuotteista tulevat varmasti esiin niin suunnittelun kuin valmistuksen toiminnassa, koska moduulien käyttöönotto edellyttää moduulien testaamista eri kokoonpanoissa ennen varsinaista käyttöönottoa. Näin ollen tuotanto välttyy tällä hetkenä

ongelmana olleilta yllätyksiltä ja myös tuotteiden suunnittelu on jatkossa helpompaa. Muut hyödyt astuvat esiin asiakaspalvelun joustavuudessa ja nopeudessa, koska tuotteiden ratkaisumallit ovat jo käytettävissä.

Neljäs tutkimuskysymys oli ”Miten nykyiset ovituotteet soveltuvat suunnittelussa automatisoitavaksi?” Ensimmäisenä voidaan todeta, että suurin haaste kirjallisuuden näkökulmasta automatisoinnissa on päästä yrityksen sisällä yhteisymmärrykseen mitä suunnittelun automatisoinnilla halutaan todella saavuttaa ja missä määrin. Halutaanko, että suunnitteluautomatisoinnilla saavutaan täysin valmista dokumentaatiota aina valmistuksen käytettäväksi? Järjestelmän luomisen haasteet kasvavat sen mukaan mitä enemmän automatisoinnilla halutaan saavutettavan.

Antti-Teollisuuden osalta on todettava, että ennen kuin suunnitelmat ovat tuotannon käytettävissä, on niiden täytynyt kulkea SolidWorks:n, Custom Tools:n ja Lean:n tuotannonohjausjärjestelmän kautta. Se, miten näiden eri ohjelmien toiminta soveltuu osaksi automaatiota, on täysin riippuvainen käytettävästä automaatista ja sen palvelun tarjoajasta. Voidaan tietysti ajatella, että suunnittelun automatisointi pohjautuu pelkästään modulaaristen osien kautta synnyttäviin tuotteisiin, jolloin suunnitteluautomaatin kehittämä tuote on kokoonpantu jo ennalta suunnitelluista modulaarisista osista, jotka löytyvät valmiina Lean, tuotannonohjausjärjestelmästä. Näin ollen toimintamalli automatisoinnin ja Lean -tuotannonohjausjärjestelmän välille on luultavasti helpompi rakentaa.

Ovituotteiden osalta on nähtävissä, että asiakaskohtaiset ovituotteet ovat haastava automatisoida, koska erovaisuuksia ei ole pelkästään mitoituksessa, vaan myös muodoissa. Suunnittelemalla modulaarisia tuotteita tai luomalla yhtenäisen muodot osille olisi ovisuunnittelun automatisointi helpompi toteuttaa. Esimerkiksi parametrinen modulaarisuuden malli olisi helppo toteuttaa suunnitteluautomaatissa, määrittelemällä tuotteen mitat, jotka muuttuvat tuotteen suunnitteluautomaatti järjestelmään syötettäviä parametreja muutettaessa.

Viides tutkimuskysymys oli ”Mitkä ovat suunnittelun automatisoinnin vaikutukset ovituotteiden suunnittelussa?” Suunnittelun automatisoinnin vaikutuksia on helppo nähdä, jos ja kun, tuotteiden muodot saadaan ensin yhtenäistettyä, jolloin suunnittelun automatisointia on helpompi lähteä rakentamaan, koska tuoterakenne virtaviivaistuu. On selvää, että automatisoinnilla saadaan vähennettyä rutiininomaista suunnittelutyötä, jolloin projektien läpimenoajat ajat lyhentyvät. Tulevat säästöt suunnittelijoiden työtunneissa voidaan jatkossa kohdistaa enemmän tuotekehityksen pariin.

Automatisoinnin käyttö sitoo suunnittelijoita ja myyntiä tekemään yhä enemmän yhteistyötä, koska asiakkaille myytävät ja suunniteltavat tuotteet on sovelluttava automaatin käyttämiin parametreihin. Automaatin käytöllä voidaan helposti luoda tarjousvaiheessa tarvittavaa dokumentaatio, joko piirustusten tai CAD-mallien muodossa. Suunnittelun automaatin mahdollisuutena on jalostaa käyttöä esimerkiksi myynnille tai jopa asiakkaalle, jolloin automaatti toimii muodollisesti tuotekonfiguraattorina ulospäin.

Muut vaikutukset näkyvät tuotteen laadullisuudessa, koska suunnittelusta johtuvat virheet saadaan minimoitua. Tuotteisiin sidottu tuotetieto saadaan myös paremmin tuotannon tietoutteen automaatin myötä, jolloin tuotannossa esiintyvät ongelmat tuoteratkaisujen osalta vähentyvät. Mietittäessä ovituotteiden nykyistä toimitusaikaa, nykyisessä toimintamallissa tuotannolle pyritään saamaan 4 viikon valmistusaika. Asiakasmäärityksen muuttuessa paremmaksi ja käytettäessä suunnitteluautomaatti menee tuotteiden suunnitteluun jatkossa rutkasti vähemmän aikaa. Projektikohtaiset ostot ovat myös mahdollista saada heti vireille, kun esimerkiksi villojen, ohutlevymateriaalien ja laminaattien tilaamisessa tarvittava mittatieto saadaan selville suoraan suunnitteluautomaattia hyödyntäen.

## 9 YHTEENVETO

Diplomityössä selvitettiin ovituotteiden suunnittelun ongelmakohtia sekä asiakaskohtaisten ovituotteiden mitoitusten erovaisuuksia, jotta voitiin analysoida ovituotteiden soveltuvuutta automatisoitavaksi suunnitteluautomaatilla. Ovituuotteiden suunnittelun ongelmakohtia tutkittiin yleisesti esiintyneiden havaintojen pohjalta. Asiakohtaisten ovituotteiden erovaisuuksia selvitettiin tutkimalla samaan risteilijään neljälle eri asiakkaalle suunniteltujen 3D-mallien pohjalta.

Diplomityön tutkimuksissa suurimmaksi ongelmaksi todettiin asiakasvaatimusten puutteellisuus, sekä tuotteiden uudelleen suunnittelun tarve. Asiakaskohtaisissa tuotteissa erovaisuuksia oli havaittavissa paljon, niin karmin päämittojen kuin karmitolpan muodon osalta. Myös oven paksuuksissa oli huomattavia eroja. Karmitolpan muodon erovaisuuksien määrä on suoraan verrannollinen tapaan, jolla karmitolppa tehdään. Oven paksuuden vaihtelut ovat seurausta ovesta käytettävistä reunalistoista ja laminaateista.

Diplomityön tutkimuksessa tultiin johtopäätökseen, että ovituotteet ovat automatisoitavissa tietyillä tuoteparannuksilla, jotka standardoisivat käytettäviä osien muotoja. Näin ollen ovituotteiden automatisointia olisi helpompi lähteä rakentamaan. Automatisoinnin edellytyksenä on perusteellinen alkukartoitus nykyisten ovituotteiden rakenteista ja toimintatavoista sekä tavoitteista mitä automatisoinnilla halutaan saavutettavan ja missä määrin.

## LÄHTEET

Antti-Teollisuus Oy. 2017. [Antti-Teollisuuden www-sivuilla]. [Viitattu 3.3.2017].  
Saataavissa: <http://antti-teollisuus.fi/fi/antti-yhti%C3%B6t>

Cederfeldt, M. 2007. Planning Design Automation. A Structure Method and Supporting Tools. Chalmers University of Technology. Väitöskirja. Ruotsi: Planning Design Automation. 111 s.

Coletti, P. & Aichner, T. 2011. Mass Customization An Exploration of European Characteristics. Italy: Springer. 80 s.

Hvam, L. Mortensen, N.L & Riis, J. 2008. Product Customization. Denmark: Springer. 283 s.

Ji, X. Gao, Q. Yin, F & Guo, H. 2016. An Efficient Imperialist Competitive Algorithm for Solving QFD Decision Problem. Hindawi Publishing Corporation, 2016: 1. 10 s.

Khalaf, R.E.A. Agard, B & Penz, B. 2011. Module Selection and Supply Chain Optimization for Customized Product Families Using Redundancy and Standardization. IEEE Transactions On Automation Science and Engineering, 8: 1. s. 118–129.

Krishnapillai, R & Zeid, A. 2005. Mapping product design for mass customization. specification. Journal of Intelligent Manufacturing, 17: 1. s. 29–30.

Gershenson, K. G. Prasad, J & Zhang, Y. 2003. Product modularity: Definitions and benefits. Journal of Engineering Design, 14: 3. s. 303–305.

Lau Antonio, K.W. Yam, R.C.M & Tang, E. 2007. The impacts of product modularity on competitive capabilities and performance: An empirical study. International Journal of Production Economics, 105: 1. s. 2–8.

Lange, M.W & Imsdahl, A. 2013. Modular Function Deployment – Using Module Drivers to Impart Strategies to a Product Architecture. [verkkodokumentti]. Julkaistu 2014. [Viitattu 11.5.2017]. Saatavissa: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:650586/FULLTEXT01.pdf>

Murthy, D.N.P. Rausand & M. Osteras, T. 2008. Product Reliability. Australia: Springer. 284 s.

Osteras, T. Murthy, D.N.P & Rausand, M. 2006. Product performance and specification in new product development. *Journal of Engineering Design*, 17: 2. s. 177–192.

Salvador, F. Forza, C & Rungtusanatham, M. 2002a. How to mass customize: Product architectures, sourcing configurations. *Business Horizons*, 45: 4. s. 61–64.

Salvador, F. Forza, C & Rungtuanatham, M. 2002b. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, 20: 5. s. 549–575.

Spahi, S.S. 2008. Optimizing the level of customization for products in mass customization systems. College of Engineering and Computer Science at the University of Central Florida. Väitöskirja. Yhdysvallat. 198 s.

Squire, B. Brown, S. Readman, J & Bessant, J. 2006. The Impact of Mass Customisation on Manufacturing Trade-Offs. *Production and Operations Management Society*, 15: 1. s. 10–21.

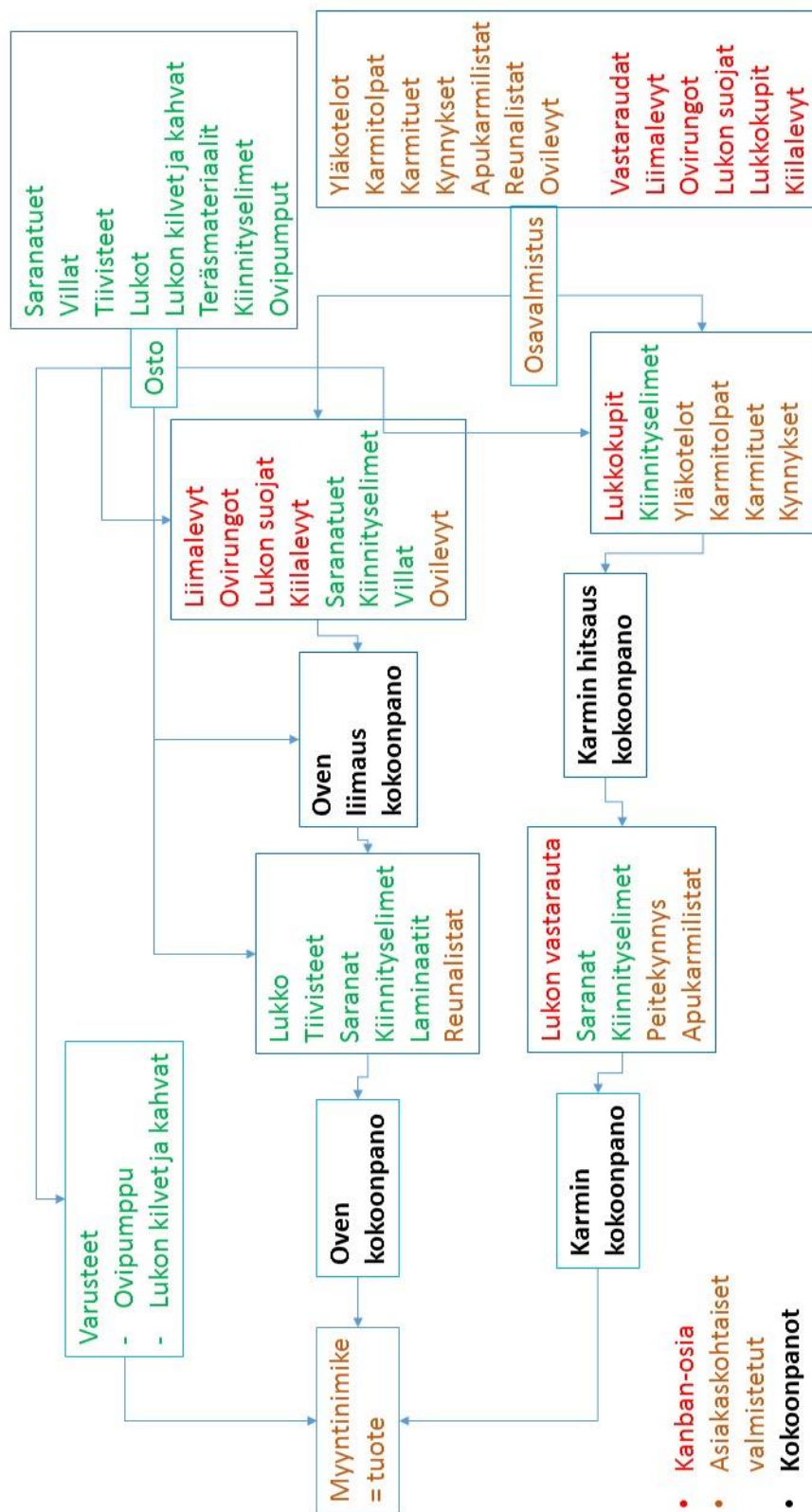
Sunnersjö, S. 2012. Planning design automation systems for product families – A coherent, top down approach. Proceedings of the 2012 International Design Conference, Dubrovnik, Croatia. 21–24.5.2012. s. 123–130.

Tu, Q. Vonderembse M.A & Ragu-Nathan, T.S. 2004. Manufacturing practices: antecedents to mass customization. *Production Planning & Control*, 15: 4. s. 373–380.

Vickery, S.K. Yemisi, A.B. Castel, M.J & J. Calantone, R.J. 2015. The effects of product modularity on launch speed. *International Journal of Production Research*, 53: 17. s. 5369–5381.



Ovituetteen rakenne.



## Tuoteparametrien vaikutukset.

	Karmitolpat	Karmituet	Kynnys	Yläkotelo	Apukarmillistat	Vastarauta	Karmitiviviste	Ovilevyt	Villat	Runko-osat	Reunallistat	Ovitiiviste	Tulos
Valaukon leveys			x	x			x	x	x		x	x	7 x
Valaukon korkeus	x	x					x		x	x			6 x
Kokonaiskorkeus	x	x		x									3 x
Kokonaisleveys	x												1 x
Karmin muoto	x												1 x
Kynnyskorkeus	x	x	x										3 x
Seinän paksuus					x								1 x
Kahvakorkeus	x	x						x		x			5 x
Reunalista	x					x		x		x			4 x
Laminaatti	x					x		x		x			4 x
Ovipumppu				x				x					2 x
Ovisilmä								x					1 x
Lukko						x		x		x			4 x