

Mika Antinluoma

MASSARÄÄTÄLÖITÄVÄN TUOTTEEN SUUNNITTELUPROSESSI

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja Nillo Adlin
Toukokuu 2021

TIIVISTELMÄ

Mika Antinluoma: Massaräätälöitävän tuotteen suunnitteluprosessi
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2021

Tämän kirjallisuustutkimuksen tarkoituksena on selvittää massaräätälöintiin liittyvä teoria ja millainen massaräätälöitävä tuote on ominaisuuksiltaan. Lisäksi työssä perehdytään tarkemmin massaräätälöitävien tuotteiden suunnitteluprosessiin ja niissä käytettäviin työkaluihin. Työn tavoitteena on muodostaa peruskäsitys massaräätälöitävien tuotteiden ominaisuuksista ja niiden suunnitteluprosessista.

Massaräätälöinti on tuotantostrategia, jolla pyritään tuottamaan varioituvia tuotteita pienillä kustannuksilla. Yritysten välinen kilpailu ja asiakkaiden parempi markkinatietoisuus on pakottanut yritykset tuottamaan tuotteita, jotka vastaavat paremmin asiakkaiden vaatimuksiin. Massaräätälöinnissä tuotteen variointi voi kohdistua tuotteen toimintoihin tai sen ulkonäköön. Asiakkaat kokevat saavansa enemmän arvoa heidän vaatimuksiinsa räätälöidystä tuotteesta, joten asiakkaat ovat valmiita maksamaan myös siitä enemmän kuin massatuotannolla tuotetusta tuotteesta. Massaräätälöinnin toteuttaminen vaatii modulaarista tuoterakennetta, joustavaa tuotantojärjestelmää ja suurempaa vuorovaikutusta asiakkaiden ja yrityksen välillä.

Modulaarista tuoterakennetta pidetään hyvänä tapana tuottaa tuotevariaatiota ilman, että kustannukset nousisivat liikaa. Modulaarinen tuote koostuu moduuleista, jotka kiinnitetään toisiinsa niiden rajapinnoista. Rajapintojen täytyy olla standardisoituja, jotta moduulien vaihtelu toistensa kanssa olisi mahdollista. Modulaariset tuotteet voivat muodostaa tuoteperheitä. Saman tuoteperheen tuotteet perustuvat samaan tuotealustaan. Tuotealustaan voidaan liittää erilaisia moduuleita, joilla voidaan muodostaa erilaisia tuotekonfiguraatioita.

Modulaarista tuotetta suunniteltaessa, on tärkeä miettiä, miten tuotteen toiminnot jaetaan moduuleihin. Tuotteen jakamista moduuleihin kutsutaan moduloinniksi. Tuotteen modulointia varten on olemassa paljon erilaisia työkaluja. Modulaaristen tuotteiden suunnitteluun voidaan käyttää esimerkiksi Modular Function Deployment-menetelmää tai Brownfield-prosessia. Modulaarista tuotevalikoimaa muodostettaessa täytyy myös miettiä, mitkä tuotekonfiguraatiot yritys rajaa pois tuotevalikoimastaan. Turhien tuotekonfiguraatioiden pois rajaamisella, selkeytetään tuotevalikoimaa, mikä helpottaa asiakkaan valintaprosessia. Tuoteperhettä suunniteltaessa pyritään muodostamaan tuoteperhe, jonka tuotteet ovat mahdollisimman yhtenäisiä, mutta joilla pystytään vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin. Tuotteiden yhtenäisyydellä pyritään pitämään kustannukset alhaisina.

Avainsanat: Massaräätälöinti, modulaarisuus, tuoteperhe

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu TurnitinOriginalityCheck-ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. MASSARÄÄTÄLÖINTI	3
2.1 Massaräätälöinnin tausta	3
2.2 Lähestymistavat	3
2.3 Massaräätälöinnin mahdollistavat tekijät	5
2.4 Massaräätälöinnin tuottama arvo asiakkaalle	6
2.5 Tuotanto	7
3. MASSARÄÄTÄLÖITÄVÄN TUOTTEEN VAATIMUKSET	9
3.1 Tuoteperhe	9
3.2 Modulaarisuus	9
3.3 Konfigurointi	11
4. MASSARÄÄTÄLÖINNIN TUOTEKEHITYS	13
4.1 Asiakkaiden vaatimusten määrittely	13
4.2 Modulaarisuuden suunnittelu	13
4.3 Tuoteperheiden suunnittelu	15
4.4 Modular function deployment	15
4.5 Brownfield-prosessi	17
5. YHTEENVETO	22
LÄHTEET	24

1. JOHDANTO

Perinteisillä tuotantotavoilla, kuten massatuotannolla ja räätälöinnillä, ei nykyään pystytä vastaamaan asiakkaiden korkeampiin vaatimuksiin. Yritysten välinen kilpailu on nykyään suurta, jonka takia yritykset joutuvat vastaamaan yhä paremmin asiakkaiden vaatimuksiin. Lisäksi kuluttajat ovat markkinatietoisempia yritysten tarjonnasta, minkä takia yritykset joutuvat tarjoamaan halpoja ratkaisuja ja nopeita toimitusaikoja asiakkaille.

Perinteisten tuotantostrategioiden rinnalle on tullut massaräätälöinti, jolla pyritään tuottamaan varioituvia tuotteita matalilla kustannuksilla. Massaräätälöinnin toteuttaminen ei ole helppoa yritykselle, koska se ei vaikuta ainoastaan tuotantojärjestelmään vaan myös tuotekehitykseen ja markkinointiin. Maailmassa on paljon esimerkkejä, joissa yritys on täysin epäonnistunut muuttamaan tuotantotapaansa massaräätälöintiä mukailevaksi.

Yrityksen pitää olla hyvin perehtynyt, millaisia edellytyksiä massaräätälöinnin toteutusta varten on olemassa. Täten yritys pystyy onnistumaan massaräätälöinnin toteutuksessa. Yksi massaräätälöinnin perusvaatimuksia on tuoterakenteen modulaarisuus, jolla mahdollistetaan tuotevariaatiota sisältävä tuoteperhe. Modulaarista tuoterakennetta on tutkittu hyvin paljon tieteellisessä kirjallisuudessa ja sille on kehitetty useita tuotekehitystyökaluja.

Tässä työssä on tarkoituksena tutkia massaräätälöitävien tuotteiden ominaisuuksia ja niiden tuotekehitystä. Työssä käydään läpi modulaarisen tuotteen ja tuoteperheen tuotekehitys ja esitellään muutama modulaarista tuotesuunnittelua tukeva työkalu. Työn tarkoituksena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Millainen massaräätälöitävä tuote on ominaisuuksiltaan?
- Millainen massaräätälöitävän tuotevalikoiman suunnitteluprosessi on?
- Millaisia työkaluja käytetään massaräätälöitävien tuotteiden suunnittelussa?

Työn ensimmäisessä teoriaosuudessa esitellään massaräätälöinnin tausta, sen hyödyt ja mitä sen toteutus vaatii. Sen jälkeen kerrotaan, minkälainen massaräätälöitävä tuote on ominaisuuksiltaan. Viimeiseksi käydään läpi massaräätälöitävän tuotteen suunnitteluprosessi. Sen lisäksi esitellään tarkemmin kaksi modulaarisen tuoterakenteen suunnitteluprosessiä.

nitteluun tarkoitettua työkalua. Työkalujen läpikäynnillä havainnollistetaan tuotesuunnitteluprosessia. Työkalut, jotka esitellään tarkemmin tässä työssä ovat Modular Function Deployment ja Brownfield-prosessi.

Työssä käytetty aineisto on pääosin haettu Andor- ja Google scholar-tietokannoista. Lähteinä on käytetty enimmäkseen vertaisarvioituja tieteellisiä artikkeleita, muutamaa kirjälähdettä lukuun ottamatta. Massaräätälöinnistä löytyy paljon tietoa viimeisen kolmenkymmenen vuoden ajalta, joten työssä on suurimmalta osalta käytetty enintään kymmenen vuotta vanhoja lähteitä, jotta työn teoria olisi mahdollisimman ajankohtainen.

2. MASSARÄÄTÄLÖINTI

2.1 Massaräätälöinnin tausta

Massaräätälöinnin tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle varioituvia tuotteita lähes massatuotannon nopeudella ja hinnalla (Daaboul et al. 2011). Asiakkaat vaativat aikaisempaa enemmän tuotteiden variaatiota yrityksiltä, mikä on aiheuttanut kovaa kilpailua yritysten välillä (Lau 2011). Samalla asiakkaat vaativat nopeita ja halpoja toimituksia. Massatuotannossa tuotteet ovat hyvin standardisoituja, jonka takia tuotannon kustannukset ovat matalia, mutta tuotteiden varioituvuus on olematon. Yksittäistuotannossa yritys suunnittelee tuotteet asiakkaiden vaatimusten mukaan, joten tuotteiden varioituvuus on hyvin suurta. Yksittäistuotannon kustannukset ovat kuitenkin hyvin suuret ja toimitusaika pitkä.

Massaräätälöinnissä pyritään massatuotannon halpaan tuotantoon ja nopeisiin toimituksiin ja samalla tuottamaan asiakkaan vaatimuksiin sopivia räätälöityjä tuotteita. Sitä voidaan pitää eräänlaisena massatuotannon ja yksittäistuotannon välimuotona. Sen avulla yksittäistuotantoa harjoittavat yritykset voivat lyhentää toimitusaikoja ja säästää kustannuksista tuotannossa sekä tuotekehityksessä. Massatuotantoa harjoittavat yritykset voivat taas tarjota paremmin asiakkaiden vaatimuksiin sopivia tuotteita. Massaräätälöinnin ideana ei ole vastata kaikkiin asiakkaiden vaatimuksiin vaan tarjota ratkaisuja, joilla pystytään vastaamaan lähes kaikkiin asiakasvaatimuksiin (Salvador et al. 2009). Massaräätälöinti on hyvä tapa saada kilpailuetua etenkin länsimaissa, jotka eivät pysty kilpailemaan massatuotannolla alemman kustannustasoisten maiden kanssa (Ahoniemi et al. 2007).

Yrityksen pitää siis pystyä tuottamaan varioituvia tuotevalikoimia lähes massatuotantoon verrattavilla kustannuksilla ja toimitusajoilla. Tämä mahdollistetaan tuotteiden modulaarisuudella ja tuotteiden yhtenäisyydellä. (Daaboul et al. 2011) Muita tärkeitä lähestymistapoja ovat tuoteperhe ja tuotealusta. Massaräätälöivät tuotteet vaativat tuotannolta joustavuutta, mikä mahdollistetaan prosessien modulaarisuudella (Pollard et al. 2016).

2.2 Lähestymistavat

Gilmore & Pine II (1998) esittävät neljä erilaista lähestymistapaa massaräätälöintiin. Ne ovat mukautuva, kosmeettinen, läpinäkyvä ja yhteistoiminnallinen massaräätälöinti. Eri

lähestymistavat eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan yritykset voivat hyödyntää useampaa lähestymistapaa samanaikaisesti. Lähestymistavat ovat esitetty kuvassa 1, jossa näkyy niissä esiintyvä variaation vaihtelu.

Vaihtelua	Läpinäkyvä	Yhteistoiminnallinen
Tuotteen muutos	Mukautuva	Kosmeettinen
Ei vaihtelua	Ei vaihtelua	Vaihtelua
	Ulkoasun muutos	

Kuva 1. Massaräätälöinnin lähestymistavat mukaillen Gilmore & Pine II (1998)

Mukautuvassa massaräätälöinnissä yritys tarjoaa asiakkaille moduuleista koostuvia tuoteratkaisuja, joissa moduuleja vaihtamalla voidaan tarjota erilaisia tuotteita. Nämä moduulivaihtoehdot ovat jo etukäteen suunniteltu, joten asiakkaan tehtävä on valita näiden joukosta itselleen sopiva vaihtoehto. Yritykset tarjoavat usein asiakkaille suunnittelujärjestelmän, joka auttaa asiakasta valitsemaan sopivan vaihtoehdon. (Pollard et al. 2016)

Kosmeettisessa massaräätälöinnissä ei itse tuotteen rakenneratkaisussa tapahdu muutoksia. Räätelöinti keskittyy tuotteen ulkonäköön, mikä voi olla esimerkiksi erilaisten väri vaihtoehtojen tarjoaminen. Kosmeettinen massaräätelöinti toteutuu yleensä aivan tuotantoprosessin lopussa. (Ahoniemi et al. 2007)

Läpinäkyvässä massaräätälöinnissä yritys kerää tietoa asiakkaista ja räätelöi heille sen tiedon avulla heille sopivia tuotteita tai palveluita (Pollard et al. 2016). Asiakkaat eivät siis itse tiedä, että tuote on räätelöity heille. Läpinäkyvässä lähestymistavassa tärkeässä roolissa ovat asiakastietojärjestelmät ja asiakasanalyysit, joiden avulla tunnistetaan asiakaskäyttäytymismalleja (Ahoniemi et al. 2007).

Yhteistoiminnallisessa massaräätälöinnissä asiakas on mukana tuotteen määrittely- ja suunnitteluprosessissa. Tätä tapaa tarvitaan etenkin, jos asiakas ei kykene ilmaisemaan millaisia määrittelyjä tuotteelle on. Yhteistoiminnallinen lähestymistapa on kaikista haasteellisimmin ja kustannuksiltaan kallein tapa lähestyä massaräätälöintiä, mutta sen räätälöinti mahdollisuudet ovat hyvin laajat. (Ahoniemi et al. 2007)

Korkea räätälöintitaso vaatii asiakkaalta enemmän osallistumista tuotantoprosessiin (Jost & Süsler 2020). Tämä voidaan nähdä varsinkin yhteistoiminnallisessa massaräätälöinnissä, jossa asiakas on tilauksessa mukana jo suunnitteluprosessista asti. Mitä aikaisemmin asiakas kytkeytyy tilaukseen mukaan, sitä enemmän räätälöintiä tuotteelle voidaan tehdä.

Ohjausprosesseilla määritellään, missä kohdassa asiakas kytkeytyy tilaukseen. Massaräätälöinnissä korostuvat make-to-order- (MTO) ja assembly-to-order- (ATO) ohjausprosessit. ATO-ohjausprosessissa yritys kokoonpanee tuotteen tilauskohtaisesti ja MTO-ohjausprosessissa valmistaa tuotteen tilauksen mukaan. Tuotteita ei siis valmisteta valmiiksi varastoon massatuotannon tavoin tai suunnitella asiakaskohtaisesti kuten yksittäistuotannossa. Nämä ohjaustavat yleensä edellyttävät esisuunniteltujen moduulien käyttämistä. (Ahoniemi et al. 2007)

Massaräätälöinnin strategiaa voidaan hyödyntää myös muissa ohjaustavoissa. Yksittäistuotannolle ominaisessa ohjaustavassa engineer-to-order (ETO), yritys suunnittelee tuotteen tilauskohtaisesti. Yritys voi kuitenkin tässäkin ohjaustavassa hyödyntää olemassa olevia moduuleja (Pakkanen et al. 2019). Asiakas voi esimerkiksi vaatia yritykseltä sellaista tuotetta, jota ei voida muodostaa olemassa olevista moduuleista. Jos moduulit on suunniteltu niin, että ne ovat mahdollisimman vähän riippuvaisia toisistaan, voidaan asiakkaan vaatimat muutokset kohdistaa tiettyihin moduuleihin eikä koko tuoterakenteeseen.

2.3 Massaräätälöinnin mahdollistavat tekijät

Fabrizio et al. (2009) esittää kolme ominaisuutta, jotka ovat tarpeellisia massaräätälöinnin toteutuksessa. Ne ovat tuotteen ratkaisukentän kehitys, vankka prosessisuunnittelu ja asiakasintegraatio. Näiden ominaisuuksien on huomattu olevan tärkeitä tekijöitä massaräätälöinnin onnistuneessa toteutuksessa yleisellä tasolla. Eri toimialoilla ja erilaisissa tuotteissa on myös tietysti tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat massaräätälöinnin onnistumisessa.

Yrityksen ratkaisukentällä tarkoitetaan kaikkia tuotekonfiguraatioita, joita yritys voi tarjota. Yrityksen ratkaisukentän kehittämisessä on tärkeä tunnistaa, missä tuotteiden piir-

teissä on asiakkailta eniten eroja vaatimuksissa. Tämä on tärkeää tietää, jotta yritys voi määrittää ratkaisukenttensä eli rajata heidän tarjoamansa ratkaisut. Toisaalta on myös tärkeä tunnistaa missä asiakkaiden vaatimukset ovat samanlaisia. (Fabrizio et al. 2009)

Asiakkaiden vaatimuksissa tapahtuu koko ajan muutoksia, joten yrityksen täytyy tarpeeksi usein uudelleen arvioida ratkaisukenttäänsä ja tarvittaessa tehdä siihen muutoksia. Asiakkaiden vaatimusten määrittelyyn voidaan käyttää asiakkaalle tarjottavia suunnitteluohjelmistoja, joiden avulla asiakas voi suoraan muuttaa vaatimuksensa tuotesuunnitelmaksi. Ohjelmistona voidaan käyttää esimerkiksi CAD-ohjelmaa, jota on helppo käyttää ja joka sisältää jo valmiita esisuunniteltuja moduuleja. (Fabrizio et al. 2009)

Vankalla prosessisuunnittelulla varmistetaan, etteivät kustannukset nouse liian korkeiksi. Tähän vaaditaan yritykseltä kykyä uudelleen käyttää ja uudelleen järjestää yrityksen resursseja. Joustavalla ja modulaarisella prosessisuunnittelulla mahdollistetaan suurempi tuotteiden variaatio ilman, että tuotanto kärsisi. (Fabrizio et al. 2009)

Asiakasintegraation avulla yritys tukee asiakasta löytämään itselleen sopivan tuotteen. Tätä varten yritys voi tarjota erilaisia suunnitteluohjelmistoja, jotka ovat selkeitä ja helppoja käyttää. Yritysten pitäisi tehdä oikean valinnan tekemisestä mahdollisimman helppoa asiakkaalle. Jos valinnan tekeminen on asiakkaalle vaikeaa, ei hän välttämättä koe saavansa hyötyä yrityksen tarjoamista räätälöinti vaihtoehtoista. (Fabrizio et al. 2009)

Tähän voidaan lisätä myös modulaarinen tuoterakenne ja osien standardisointi. Modulaarisella tuoterakenteella mahdollistetaan tuotteiden varioitavuus. Standardisointia tarvitaan taas pitämään tuotannonkustannukset alhaisina.

2.4 Massaräätälöinnin tuottama arvo asiakkaalle

Asiakkaiden vaatimusten vaihtelua ei pitäisi nähdä ongelmana, vaan keinona tuottaa lisäarvoa asiakkaalle. Asiakas kokee saavansa enemmän arvoa personalisoidusta tuotteesta, joka vastaa paremmin asiakkaan vaatimuksia kuin massatuotannolla valmistetusta tuotteesta, joka olisi halvempi ja nopeampi tuottaa (Choi et al. 2019). Tällöin yrityksen on myös mahdollista myydä tuote kalliimmalla kuin massatuotannolla valmistettu tuote. Toisaalta toimitusajan pidentyminen voi alentaa asiakkaan kokemaa arvoa tuotteesta (Daaboul et al. 2011).

Eri tutkimuksien mukaan kuluttajat ovat valmiita maksamaan massaräätelöidystä tuotteesta kaksinkertaisen tai jopa kolminkertaisen hinnan verrattuna massatuotannolla valmistettuun tuotteeseen (Franke & Piller, 2004; Schreier, 2006). Räätälöinnin tuotta-

ma lisäarvo vaihtelee kuitenkin hyvin paljon eri tuotteiden välillä ja joissakin tapauksissa asiakas ei välttämättä koe saavansa yhtään lisäarvoa tuotteen räätälöinti mahdollisuuksista. Sen lisäksi kuluttajat ovat hyvin heterogeeninen ryhmä, joten asiakkaan kokemaa arvon nousu on hyvin asiakaskohtaista (Jost & Süsser, 2020).

Liika tuotevariaatioiden määrä tai räätälöintioptiot voivat vaikeuttaa asiakkaan valintaprosessia, mikä johtaa pienempään asiakastyytyväisyyteen (Daaboul et al. 2011). Tuotevariaation määrä ei siis pitäisi olla itseisarvo, vaan yrityksen tulisi pyrkiä tuottamaan tuotevariaatioita, joiden erot toisiinsa ovat selkeästi määritelty. Tämä helpottaa asiakasta valitsemaan itselleen sopivan vaihtoehdon. Liika tuotevariaatioiden määrä voi pidentää myös toimitusaikoja ja tuottaa suuremmat kustannukset, mikä taas lisää tuotteen hintaa.

Asiakkaan ottaminen osaksi tuotteen suunnitteluprosessia voi antaa asiakkaalle lisäarvoa ja auttaa myös yritystä räätälöimään asiakkaalle sopivamman tuotteen. Fredberg & Piller (2011) esittävät artikkelissaan, miten asiakkaat hyötyvät, kun he ovat osana suunnitteluprosessia. Asiakkaat kokivat tuotteiden vastaavan paremmin heidän vaatimuksiinsa, mikä nosti tyytyväisyyttä tuotteeseen. Lisäksi asiakkaat näkivät itse suunnitteluprosessin arvoa antavana, mikä lisäsi asiakas tyytyväisyyttä. Asiakkaat oppivat myös yrityksen tarjoamista valintavaihtoehdoista, jolloin asiakkaan valintaprosessi oli seuraavalla ostokerralla helpompi toteuttaa.

2.5 Tuotanto

Suuri tuotteiden variaatiomäärä vaatii tuotantojärjestelmältä joustavuutta (Pollard et al. 2016). Lisää joustavuutta tuotantojärjestelmään saadaan käyttämällä modulaarisia prosesseja. Prosessien modulaarisuudella tarkoitetaan tuotantojärjestelmää, jonka tuotantoprosessit ovat jaettu standardisoituihin moduuleihin (Wang et al. 2014). Moduulit voidaan laittaa erilaisiin järjestyksiin, jolloin niillä voidaan tuottaa helpommin varioituvia tuotteita. Modulaarisessa tuotantojärjestelmässä tuotteen moduuliin tehtävät muutokset vaikuttavat vain tiettyyn prosessin osaan (Ahoniemi et al. 2007). Tällöin tuotteeseen tehtävät muutokset eivät vaikuta koko tuotantoprosessiin tai sen suorituskykyyn.

Massaräätälöintiä hyödyntävissä tuotantojärjestelmissä on huomattu tuotannon jakautuvan kahteen päävaiheeseen. Vaiheita jakavaa kohtaa kutsutaan tilauksen kytkeytymispisteeksi, joka jakaa tuotantojärjestelmän standardisoituun alkuvaiheeseen ja tilausohjautuvaan loppuvaiheeseen (Zinn 2019). Kytkeytymispistettä ennen tuotannossa valmistetaan yleensä työntöohjautuvasti standardisoituja tuotteita varastoon, minkä jälkeen niitä varioidaan asiakkaiden mieltymysten mukaan (Ahoniemi et al. 2007). Kyt-

keytymispisteen sijainti vaikuttaa hyvin paljon tuotannon kustannuksiin, toimitusaikoihin ja tuotteiden varioituvuuteen (Zinn 2019). Pisteen sijainti tuotannon lopussa vähentää kustannuksia ja lyhentää toimitusaikoja, mutta rajoittaa tuotteiden variointi mahdollisuuksia. Jos piste taas sijaitsee tuotannon alkupäässä, sillä on päinvastaiset vaikutukset.

3. MASSARÄÄTÄLÖITÄVÄN TUOTTEEN VAATI- MUKSET

3.1 Tuoteperhe

Tuoteperheellä tarkoitetaan joukkoa tuotteita, joiden rakenne perustuu samaan tuotealustaan (Ye et al. 2009). Tuotealusta toimii siis tuotteen pohjana, johon liittämällä erilaisia moduuleja saadaan aikaiseksi tuotteita, joilla on erilaisia ominaisuuksia. Käyttämällä yhteisiä osia tuoteperheessä, pystytään vähentämään tuotannon kustannuksia (Hou et al. 2013). Tuotealustan käytön muita hyötyjä ovat helppo tuotteiden variointi ja tuotannon joustavuuden parantuminen. Tuotealustan käytöllä pystytään vähentämään myös tuotekehittelyyn meneviä kuluja ja tuotteen uudistaminen on helpompaa (Aho-niemi et al. 2007).

Tuotealustaan perustuviin tuoteperheisiin on olemassa kaksi eri lähestymistapaa. Ne ovat moduuleihin perustuva konfiguroitava tuoteperhemalli ja skaalautumiseen perustuva parametrinen tuoteperhemalli (Hou et al. 2013). Moduuleihin perustuva tuoteperheen tuotteet perustuvat tuotealustaan, johon lisätään asiakkaan mieltymysten mukaan moduuleja. Skaalautuvassa mallissa tuotealusta on skaalautuva, eli sitä voidaan pienentää tai suurentaa määritellyssä dimensiossa.

Tuotealustan suunnitteleminen on pitkä prosessi ja suunnittelu pitää tehdä tarkasti, koska tuotealustaan voi olla hankala tehdä myöhemmin muutoksia (Aho-niemi et al. 2007). Yritys voi kuitenkin miettiä millaisia muutoksia tuotealustaan saattaa kohdistua tulevaisuudessa, jolloin se voi jo suunnitteluprosessissa suunnitella alustan niin, että siihen voidaan tehdä tarvittavat muutokset tulevaisuudessa.

3.2 Modulaarisuus

Modulaariset tuotteet koostuvat useista eri moduuleista, joita yhdistämällä saadaan eri tavalla toimivia tuotteita (Kashkoush & ElMaraghy 2017). Moduulit ovat rakenteellisesti itsenäisiä rakenteita, jotka koostuvat useista osista ja komponenteista. Moduulit liitetään toisiinsa standardisoiduilla rajapinnoilla, joka mahdollistaa erilaisten moduulien liittäminen toisiinsa. Modulaarisuuden tarkoituksena on mahdollistaa mahdollisimman pienellä moduulijoukolla suuri tuotevalikoima matalilla kustannuksilla (Tuominen & Vaso, 2012).

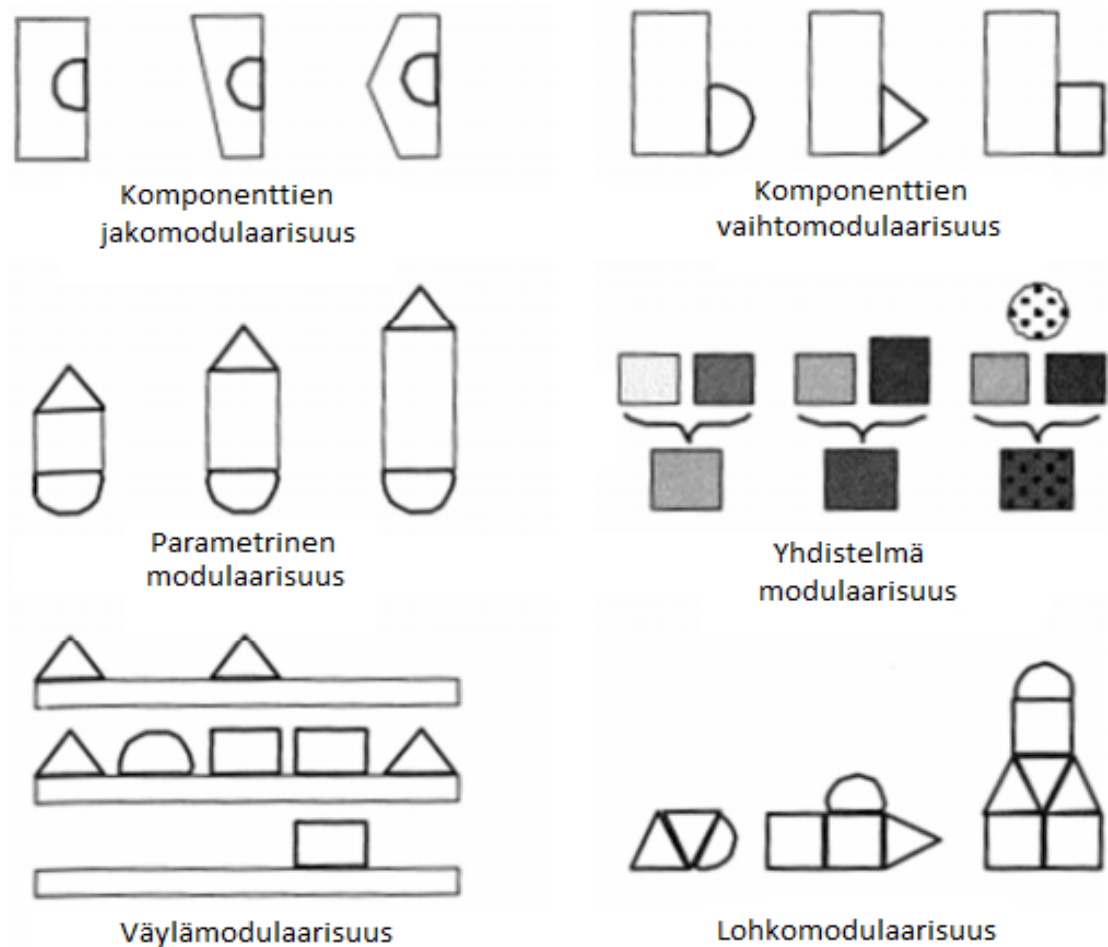
Moduulien käyttö on yksi tärkeimmistä massaräätälöinnin mahdollistavista tekijöistä. Ne ovat tuotannon, sekä suunnittelun näkökulmasta perusedellytys massaräätälöinnin toteutukselle, koska niillä mahdollistetaan tuoteperheen ja tuotevariaation toteutus (Lau 2011). Tuotteiden modulaarisuus mahdollistaa yksittäisen moduulin parantelun, jolloin tuotteeseen tehtävät muutokset kohdistuvat vain tiettyyn moduuliin (Kashkoush & El-Maraghy 2017). Lisäksi tuotteiden modulaarisuuden avulla voidaan parantaa tuotannon laatua ja joustavuutta (Shaik Rao 2015). Modulaaristen rakenteiden haittapuolena voidaan pitää sitä, että tuote ei ole suorituskyvyn tai koon perusteella optimaalisin (Lau 2011).

Rajapinnat ovat moduulien välisiä kiinnityskohtia. Moduulien väliset rajapinnat pitää olla standardisoituja, jotta niitä pystytään vaihtamaan toistensa kanssa. Standardisoitujen rajapintojen avulla mahdollistetaan moduulien tarjoama tuotevariaatio (Borjesson & Hölttä-Otto 2014).

Tuotteen moduloinnilla tarkoitetaan suunnittelun aikana tuotteen jakamista moduuleihin (Ahoniemi et al. 2007). Moduloinnin tavoitteena on, että jokaisella moduulilla on jokin tietty ominaisuus tai käyttötarkoitus. Lisäksi moduloinnissa pitää huomioida, etteivät moduulit ole liian yhteneväisiä, koska se johtaisi turhaan tuotevariaatioon.

Jotta tuotannon kustannukset voidaan pitää alhaisina, on tärkeää, että yksittäisiä moduuleja pystytään käyttämään mahdollisimman monissa eri tuotteissa. Tällöin moduuleja voidaan valmistaa varastoon valmiiksi, jolloin toimitusajat pystytään pitämään lyhyinä (Ahoniemi et al. 2007). Jos jotain moduulia käytetään vain harvoin, niiden valmistaminen varastoon sitoo paljon pääomaa. Toisaalta moduuleita ei välttämättä tällöin valmisteta lainkaan työntöohjautuvasti, mikä taas pidentää toimitusaikoja.

Moduulit voidaan jakaa perus- ja valinnaisiin moduuleihin (Ahoniemi et al. 2007). Perusmoduulit muodostavat tuotealustan, johon on mahdollisuus lisätä valinnaisia moduuleita. Valinnaisten moduulien varioinnilla muodostetaan erilaisia tuotteita, jotka muodostavat tuoteperheen. Moduuleita voidaan myös ryhmitellä muilla eri tavoilla. Pine (1993) jakaa moduulit niiden fyysisten rakenteiden perusteella kuuteen eri kategoriaan. Ne ovat komponenttien jakomodulaarisuus, komponenttien vaihtomodulaarisuus, parametrisen modulaarisuus, yhdistelmä modulaarisuus, väylämodulaarisuus ja lohkomodulaarisuus. Pinen (1993) ehdottama jakotapa moduuleille on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Modulaarisuuden tyypit mukaillen Kratochvil & Carson (2005) esitystapaa

Komponenttien jakomodulaarisuudessa samoja komponentteja voidaan käyttää useammassa eri tuotteessa. Komponenttien vaihtomodulaarisuudessa on ydin osa, johon voidaan liittää erilaisia moduuleita. Parametrisessä modulaarisuudessa moduulissa on jokin parametri, jota voidaan säätää. Tällä tarkoitetaan yleensä jonkin osan pituuden muokkaamista. Yhdistelmä modulaarisuudessa moduulien toiminnallisuus muuttuu, kun niitä yhdistetään, kuten esimerkiksi maalien sekoittaminen. Väylämodulaarisuudessa on ydin osa, johon voidaan liittää useampia moduuleita. Lohkomodulaarisuudessa moduuleita voidaan laittaa ainutlaatuisiin järjestyksiin standardisoitujen rajapintojen avulla. (Kratochvil & Carson 2005)

3.3 Konfigurointi

Konfiguroinnilla tarkoitetaan tuotteen valitsemista tarjolla olevista tuotevaihtoehtoista ja moduuleista (Pakkanen et al. 2019). Asiakkaan tehtävä on konfiguroida itselleen mieleinen tuote yrityksen tarjoamasta tuotevalikoimasta. Tämä voi olla kuitenkin hankalaa, jos erilaisia konfigurointitapoja on tarjolla tuhansia, tai jopa miljoonia. Yritys voi tarjota

asiakkaalle erilaisia konfiguraattoreita, jotka avustavat asiakasta löytämään itselleen sopivan tuotteen. Konfiguraattoreiden käyttöä voidaan pitää edellytyksenä onnistuneen massaräätälöinnin toteutuksessa (Fabrizio et al. 2009).

Konfiguraattorit voidaan jaotella primäärisiin, interaktiivisiin ja automaattisiin. Primäärisissä konfiguraattoreissa valitaan yksitellen luetteloista tuotteen moduulit ja komponentit. Ongelmana näissä konfiguraattoreissa on, että ne eivät pysty tarkistamaan valittujen osien yhteensopivuutta toistensa kanssa, vaan myyjän pitää tarkistaa ne itse. Interaktiiviset konfiguraattorit tarjoavat myös luettelon tuotteen moduuleista ja komponenteista, mutta ne pystyvät tarkistamaan osien yhteensopivuuden. Automaattiset konfiguraattorit ovat kaikista kehittyneimpiä konfiguraattoreita. Ne keräävät asiakkaalta attribuuttitietoa, joka voi olla tietoa tuotteen ominaisuuksista, asiakkaan tarpeista tai toimintaympäristöstä. Konfiguraattori pystyy attribuuttitiedon avulla tarjoamaan asiakkaalle sopivia tuotevariaatioita. (Ahoniemi et al. 2007)

Konfiguroitaville tuotteille pitää myös asettaa sääntöjä ja rajoitteita (Pakkanen et al. 2016). Kuten edellä mainittiin, moduulien käyttö voi tuottaa hyvin suuren määrän erilaisia tuotekonfiguraatioita. Yrityksen tulisi rajata osa tuotekonfiguraatioista pois, jotta tuotevalikoima olisi selkeämpi ja tuotekonfiguraatiot ovat selkeästi toisistaan eroavia. Asiakkaiden on tällöin paljon helpompi konfiguroida itselleen sopiva tuote.

4. MASSARÄÄTÄLÖINNIN TUOTEKEHITYS

4.1 Asiakkaiden vaatimusten määrittely

Massaräätälöitävää tuotetta suunniteltaessa on tärkeää tietää millaisia vaatimuksia ja odotuksia asiakkailta on tuotteelle. Vaatimuksia voidaan kerätä esimerkiksi haastatteleamalla, kohderyhmien avulla tai sitten erilaisilla vaatimustenkeruutyökaluilla. Vaatimukset pitää pystyä myös muuttamaan tuotteen ominaisuuksiksi. Yksi tapa muuntaa asiakkaiden vaatimukset tuotteen ominaisuuksiksi on quality function deployment (QFD). (Emmatty & Sarmah, 2012)

Tärkeä metodi QFD:n käytössä on house of quality (HOQ), jossa matriisin avulla havainnollistetaan asiakkaan vaatimukset ja miten yritys pystyy toteuttamaan ne. Metodissa määritellään aluksi asiakkaiden vaatimukset ja niiden painoarvot. Seuraavaksi metodissa määritellään millaisia ominaisuuksia tuotteella pitää olla, jonka jälkeen määritellään niiden ja asiakkaiden vaatimusten yhteys. Vaatimusten ja ominaisuuksien väliset yhteydet määritellään korrelaatiomatriisilla, joka määrittelee, onko tietyllä ominaisuudella positiivinen vai negatiivinen vaikutus asiakkaan vaatimukseen. (Lin & Pekkari-
nen 2011)

Vaatimusten määrittelyä tarvitaan tuotteiden konfigurointia ja moduulien jakoa varten. Tarkastelemalla asiakkaiden vaatimuksia tuotteille, yritys voi määrittää millaisia tuotekonfiguraatioita yritys tarjoaa ja mitkä he rajaavat pois heidän tarjoamastaan valikoimasta. Massaräätälöinnissä ei ole tarkoitus valmistaa jokaiselle asiakkaalle täysin heidän vaatimuksiinsa vastaavaa tuotetta, joten yrityksen pitäisi löytää tärkeimmät tuotteiden ominaisuudet, joissa asiakkaiden vaatimuksissa on eroa.

4.2 Modulaarisuuden suunnittelu

Modulaarisen suunnittelun tavoitteena on muodostaa tuoterakenne, joka on jaettu selkeästi moduuleihin ja niiden ominaisuuksiin. Moduulien väliset rajapinnat pitää olla selkeästi määriteltä, eli pitää tietää, miten ne vuorovaikuttavat toistensa kanssa. Sen lisäksi moduuleja pitää pystyä testaamaan ja vertaamaan muihin samanlaisiin moduuleihin, sekä vertaamaan ovatko ne yleisten modulaarisuuden suunnittelusääntöjen mukaisia. (Stjepandić et al., 2015)

Lehtonen (2015) esittää moduulijärjestelmän koostuvan viidestä avainelementistä. Ne ovat moduulien jakologiikka, moduulijoukko, rajapinnat, arkkitehtuuri ja konfigurointitieto. Jakologiikan tarkoitus on selittää, miksi moduulit on jaettu niin kuin ne ovat ja muiden elementtien tehtävä on vastata mitä ja miten on tehty (Pakkanen et al. 2019). Moduulit ovat modulaarisen järjestelmän rakennepalikoita, jotka ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa rajapinnoista. Arkkitehtuurin tarkoitus on selittää missä ja miten moduulit sijoittuvat rakenteeseen. Konfigurointitiedolla määritetään moduuleihin ja asiakasvaatimukseen pohjautuen moduulien yhteensopivuudet ja rajoitteet. Modulaarisen tuotesuunnittelun lopputuloksena nämä kaikki avainelementit tulisi olla tarkoin määritellyjä.

Kirjallisuudessa on esitetty paljon erilaisia työkaluja modulaarisuuden ja tuoteperheiden suunnitteluun. Pakkanen et al. (2016) jakaa suunnittelumetodit neljään eri kategoriaan. Ne ovat toiminto-orientoituneet, indeksipohjaiset, optimisointi ja matriisi- ja ryhmittymispohjaiset metodit. Borjersson & Hölttä-Otto (2014) esittävät toisen tavan jakaa modulaarisuuden suunnitteluun käytettävät työkalut. Menetelmät ovat matriiseihin perustuvat ja toiminallisiin malleihin perustuvat työkalut, jotka ovat jaettu niiden datan esitystavan mukaan.

Molemmat datamallit voidaan vielä jakaa kytkeytymis- ja yhteneväisyyspohjaisiin työkaluihin. Kytkeytymiseen perustuvissa metodeissa yleisesti ryhmitellään elementtejä moduuleihin. Ryhmittely tulisi tehdä niin, että moduulien sisäinen liitettävyyden on korkea ja moduulien väliset liitettävyydet ovat mataloita. Yhteneväisyyteen perustuvissa metodeissa moduulit määritetään niiden tuoteominaisuuksien yhteneväisyyksien ja eroavaisuuksien avulla. Borjersson & Hölttä-Otto (2014)

Shamsuzzoha A.H.M (2011) esittää artikkelissaan modulaariselle suunnittelulle yleisen rakenteen. Sen ensimmäinen vaihe on jakaa tuote toiminnallisiin vaatimuksiin ja määrittellä vaatimukset tuotteelle. Vaiheen tärkein tarkoitus on muodostaa erilaisia moduulivaihtoehtoja, joilla voidaan toteuttaa modulaarinen tuoterakenne. Seuraavan vaiheen tarkoitus on arvioida moduulivaihtoehtoja eri näkökulmista. Moduuleita voidaan arvioida esimerkiksi, kuinka suuret niiden tuotantokustannukset ovat tai kuinka paljon niitä voidaan uudelleen käyttää. Kolmannessa vaiheessa analysoidaan valittuja moduulivaihtoehtoja. Analyysissä testataan ja priorisoidaan moduuleita esimerkiksi kokoonpanon ja tuotannon nopeuden ja kustannusten kannalta. Vaihetta jatketaan niin pitkään, kunnes löydetään sopivat moduulit, jotka vastaavat tuotteen tai tuoteperheen vaatimukseen. Viimeisessä vaiheessa tarkastellaan moduulien välistä riippuvuutta.

4.3 Tuoteperheiden suunnittelu

Tuoteperheen suunnittelu voidaan jakaa kahteen eri lähestymistapaan, jotka ovat top-down ja bottom-up (Simpson et al., 2006). Top-down lähestymistavassa yritys suunnittelee tuoteperheen tuotealustaan perustuen ja bottom-up tavassa yritys suunnittelee tuotealustan, josta voidaan johtaa erilaisia lopputuotteita.

Tuoteperheen suunnittelussa täytyy tehdä kompromissi tuotteiden yhtenäisyyden ja variaitivuuden kanssa (Ye et al. 2009). Molemmat ovat hyvin tärkeitä tekijöitä tuoteperheelle. Tuotteiden yhtenäisyydellä on tarkoitus vähentää kustannuksia, mutta se usein vaikeuttaa tuotteiden variaivointia ja saattaa pienentää tiettyjen tuotteiden suorituskykyä. Samalla suuri tuotevariaatio vaikeuttaa samojen osien käyttöä eri tuoteperheen tuotteissa. Ideaalisessa tuoteperheessä komponentit ja toiminnot, joiden välillä ei ole tarpeen tehdä variaivointia ovat täysin yhtenäisiä ja variaivotavilla komponenteilla ja toiminnoilla pystytään tarjoamaan tarvittava tuotevalikoima asiakkaille (Ye et al. 2009).

Tuoteperheen arviointi toimii perustana tuoteperheen suunnittelulle. Jotta tuoteperheestä pystytään maksimoimaan sen hyöty, täytyy tuoteperhettä varten muodostaa arviointijärjestelmä, joka perustuu asiakkaiden vaatimuksiin. Tuoteperheen arviointimetoodeilla pyritään saavuttamaan optimaalinen tasapaino tuoteperheen yhtenäisyydessä ja variaaiviossa. (Hou et al. 2013)

4.4 Modular function deployment

Yksi modulaariseseen suunnitteluun tarkoitetuista työkaluista on Erixonin (1998) esittämä Modular Function Deployment (MFD). Menetelmä perustuu matriisien käyttöön, jossa moduulit muodostetaan komponenttien yhteisiin toimintoihin ja ominaisuuksiin perustuen (Borjersson & Hölttä-Otto, 2014).

Metodissa käytetään apuna moduuliajureita, joiden avulla kuvataan tuotteen arkkitehtuurin ja strategisten tavoitteiden yhteys. Moduuliajureita on yhteensä 12, ja ne kattavat koko tuotteen elinkaaren. Niillä otetaan huomioon esimerkiksi tuotekehityksen, tuotannon ja tuotteen variaivoinnin asettamat tavoitteet modulaariselle tuotteelle. Moduuliajureita voi olla esimerkiksi carry-over eli siirrettävä ominaisuus, jolla tarkoitetaan sellaista tuotteen osaa, johon ei tarvitse tehdä muutoksia tulevaisuudessa. Moduuliajurit ovat esitelty taulukossa 1. (Imsdahl & Lange, 2014)

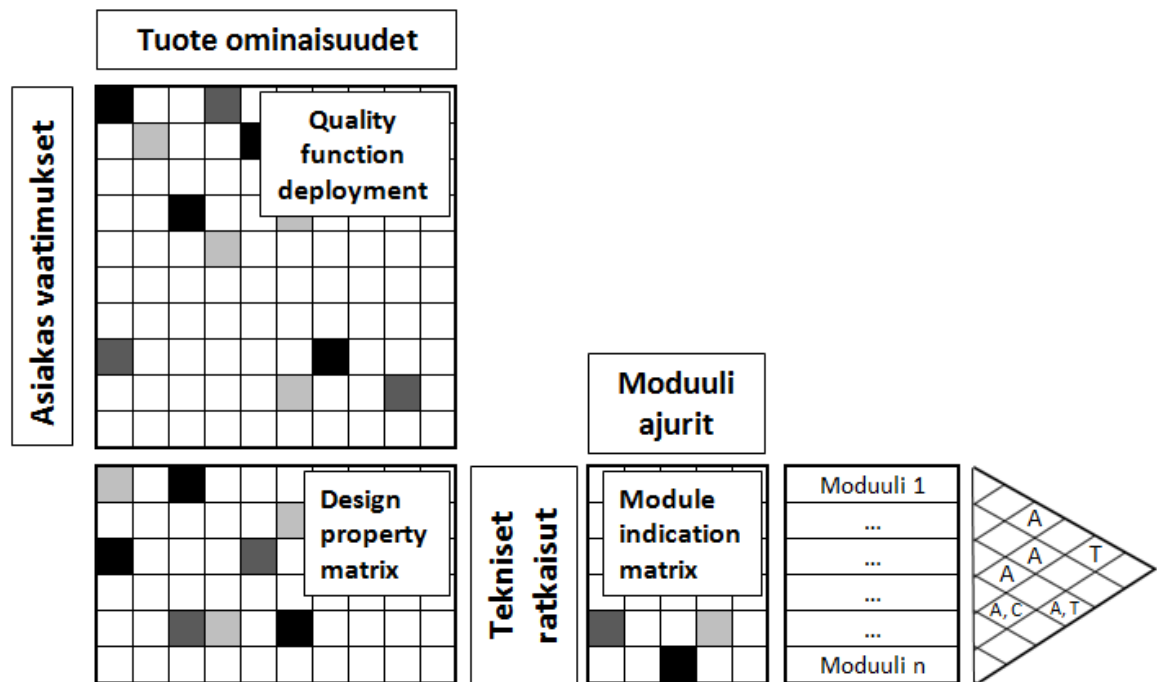
Taulukko 1. Modular Function Deployment-menetelmän moduuliajurit

Moduuliajuri ryhmä	Moduuliajuri
Tuotesuunnittelu ja kehitys	Siirrettävä ominaisuus Teknologinen kehitys Suunnitellut tuotteen muutokset
Tuotteen variointi	Tekninen variointi Tyyli
Tuotanto	Tekninen variointi Prosessi/organisaatio
Laatu	Erillinen testaaminen
Alihankinta	Saatavissa toimittajalta
Jälkimarkkinointi	Huolto/kunnossapito Osan päivittäminen Kierrätettävyys

MFD koostuu viidestä eri vaiheesta, joista ensimmäinen vaihe on asiakkaiden vaatimusten määrittely, johon käytetään apuna edellä mainittua QFD-metodia. Tarkoituksena on määrittää asiakkaiden vaatimusten ja tuotteen ominaisuuksien riippuvuudet. Tämän lisäksi on tärkeää määrittää, miten asiakkaan vaatimukset vaikuttavat tuotteen modulaarisuuteen. (Imsdahl & Lange, 2014)

Toinen vaihe on teknisten ratkaisujen valinta ja ominaisuuksien arvioiminen. Tarkoituksena on siis muuttaa asiakkaan vaatimukset ja tuotteen ominaisuudet teknisiksi ratkaisuiksi. Suunniteltava tuote pitää siis jakaa toimintoihin ja osatoimintoihin. Tuotteen ominaisuuksien ja teknisten ratkaisujen väliset riippuvuudet mallinnetaan design property matriisin (DPM) avulla. (Imsdahl & Lange, 2014)

Seuraava vaihe on mahdollisten moduuliratkaisujen luominen, jossa käytetään apuna moduuliajureita. Niiden avulla tekniset ratkaisut voidaan muuttaa moduuleiksi. Moduulivaihtoehdot muodostetaan module indication matriisin (MIM) avulla. (Imsdahl & Lange, 2014)



Kuva 3. MFD:n vaiheiden matriisit mukailleen Imsdahl & Lange (2014)

Neljäs vaihe on ratkaisukonseptien arviointi, jossa kiinnitetään huomiota moduulien rajapintoihin, eli miten moduulit yhdistetään toisiinsa. Tähän käytetään apuna rajapintamatriisia, jonka avulla voidaan analysoida rajapintojen tyyppiä ja moduulien yhteyksiä. Viimeinen vaihe on moduulien optimisointi. Optimisointia varten ei ole annettu tiettyä työkalua, vaan yritys käyttää heidän toimintamalliinsa sopivia työkaluja. (Imsdahl & Lange, 2014)

4.5 Brownfield-prosessi

Brownfield-prosessi on modulaarisen tuoteperheen suunnitteluun tarkoitettu metodi. Metodien tarkoituksena on muuttaa yrityksen nykyinen tuotevariaatio modulaariseksi tuoteperheeksi. Tarkoituksena on hyödyntää yrityksen nykyisiä tuoteratkaisuja tuoteperhettä muodostettaessa. Ensimmäisen version metodista esitteli Lehtonen et al. (2011), joka koostui viidestä eri vaiheesta. Metodia on myöhemmin paranneltu, mutta metodin konsepti on pysynyt samana. Nykyisessä muodossa työkalu sisältää kymmenen eri vaihetta. Jokaisessa brownfield-prosessin vaiheessa on tarkoitus määrittää suunnittelutietoa Pakkasen (2015) esittelemiin avainkonsepteihin. Avainkonseptit esiteltiin tarkemmin kappaleessa 4.2. Prosessin vaiheet ja niiden vaikutus suunnittelutietoon ovat esitelty kuvassa 4.

perheestä. Elementtien määrittely aloitetaan keräämällä tietoa siitä, että millaisia toiminto- ja ominaisuusvaatimuksia asiakkaat toivovat tuotteilta. Seuraavaksi vaatimukset muutetaan teknisiksi yksiköiksi, jonka jälkeen yritys jakaa nykyisen tuoterakenteen niin, että jokaiselle geneeriselle elementille on vastaava tekninen yksikkö. Tässä vaiheessa ei ole vielä tarkoitus määrittää geneerisille elementeille teknistä ratkaisua. (Pakkanen, 2015)

Kolmannessa vaiheessa muodostetaan alustava tuoteperheen arkkitehtuuri, joka koostuu geneerisistä elementeistä ja niiden rajapinnoista, sekä niiden sijainnista tuoterakenteessa (Pakkanen et al. 2016). Elementtien sijainti määritetään elementtien välisten rajapintojen avulla. Nämä rajapinnat luovat myös pohjan alustavalle rajapintojen standardisoinnille. Elementtien väliset riippuvuudet voidaan hahmotella Design structure matrixin (DSM) avulla. Tuoteperheen arkkitehtuurin visuaalinen hahmottaminen on vielä vaikeaa tässä vaiheessa sen abstraktiuden takia, mutta alustava hahmottelu voidaan tehdä käyttämällä perinteisiä ohjelmistoja, kuten Microsoft PowerPointia tai Visiota käyttäen. (Pakkanen, 2015)

Seuraavana vaiheena on asiakkaiden vaatimusten määrittely asiakasympäristöön perustuen. Vaatimuksia tarvitaan konfigurointi tiedon muodostamisessa. Vaatimusten määrittämistä varten on ehdotettu käytettäväksi Gripen-työkalua, jossa määrittely tehdään tutkimalla, miten asiakkaat käyttävät yrityksen tuotteita heidän omissa prosesseissaan. Yritys siis esimerkiksi tutkii, miten eri asiakkaat käyttävät heidän tuotteitaan tai millaisia yleisiä käyttötapoja tai segmenttejä voidaan tunnistaa tuotteiden käytöstä. (Pakkanen, 2015)

Viidennessä vaiheessa muodostetaan alustava kuvaus tuoteperheestä ja tutkitaan, miten tuotteita voitaisiin standardisoida. Tuoteperheen muodostamista varten tarkastellaan asiakkaan vaatimusten ja geneeristen elementtien, sekä geneeristen elementtien ja tuotteen osien välisiä riippuvuuksia. Tarkoituksena on varmistaa, että jokaiselle elementille on olemassa asiakasvaatimus. Geneeriset elementit, joilla ei ole tuotevariaatiota aiheuttavia asiakasvaatimuksia, ovat todennäköisesti standardisoitavissa. Elementtien ja tuotteen osien riippuvuuksia tutkittaessa on tarkoitus selvittää osavaliikoiden suuruutta ja osien standardisointi mahdollisuuksia. Työkaluna riippuvuuksien muodostamiseen voidaan käyttää Product Family Master Plan (PFMP) -työkalua. (Pakkanen, 2015)

Brownfield-prosessin kuudennessä vaiheessa muodostetaan alustava konfigurointitieto, jolla määritetään asiakastarpeisiin vastaavat moduulit. Konfigurointitietoa varten pitää selvittää geneeristen elementtien ja tuotevariaatiota aiheuttavien asiakasvaatimuk-

sien riippuvuudet toisiinsa. Vaiheeseen on ehdotettu käytettäväksi modifioitua K-matriisia, johon merkitään millä tavalla asiakasvaatimus vaikuttaa generiseen elementtiin. Pakkanen (2015) on määrittänyt neljä tapaa, joilla asiakasvaatimukset voivat vaikuttaa elementtiin. Nämä ovat: vaatimus vaatii generisen elementin, vaatimus sulkee pois elementin, vaatimus saattaa vaikuttaa elementtiin ja vaatimuksella ei ole vaikutusta elementtiin. (Pakkanen, 2015)

Seitsemännessä vaiheessa muodostetaan tarkempi kuvaus tuoteperheen arkkitehtuurista määrittelemällä moduulit ja rajapinnat. Niiden määrittelyä varten pitää generiset elementit määritellä tarkemmin. Tätä varten arkkitehtuurista pitää tunnistaa standardisoidut, konfiguroitavat, osittain konfiguroitavat ja ainutlaatuiset elementit. Standardisoidut elementit ovat jokaisessa tuoteperheen tuotteessa sama. Konfiguroitavat elementit ovat standardisoituja elementtejä, jotka valitaan tuotteeseen asiakkaan tarpeiden mukaan. Ainutlaatuiset elementit täytyy suunnitella asiakaskohtaisesti, joten niitä ei voida standardisoida. Osittain konfiguroitavat elementit sisältävät konfiguroitavia ja standardisoituja osia ja joissakin tapauksissa myös ainutlaatuisia osia. Yrityksen tulisi pyrkiä jakamaan tuoteperheen arkkitehtuuri niin, että se sisältää mahdollisimman vähän ainutlaatuisia elementtejä, koska ne vähentävät modulaarisesta rakenteesta saatavia hyötyjä. (Pakkanen, 2015)

Elementtityyppien tunnistamisen jälkeen määritellään, millaisia osia generisissä elementeissä voitaisiin käyttää. Yritys tutkii heidän nykyisissä tuotteissansa olevia osia ja määrittää, ovatko ne sopivia tietyille elementille vai pitääkö sitä varten suunnitella täysin uusi osa. Tämän lisäksi pitää tutkia, ovatko tietyssä generisessä elementissä käytettävien osien rajapinnat samanlaisia. Jos rajapinnat ovat erilaisia, tulisi osat suunnitella uudestaan. (Pakkanen, 2015)

Kahdeksantena vaiheena on konfigurointitiedon lopullinen määrittely. Alustava määrittely tehtiin jo vaiheessa kuusi, jossa määrittely tehtiin generisten elementtien ja asiakasvaatimusten avulla. Lopullinen konfigurointitieto luodaan perustuen teknisiin ratkaisuihin. Määrittelyssä käytetään apuna samanlaista K-matriisia, jota käytettiin vaiheessa kuusi. Matriisissa esitetään teknisten ratkaisujen ja asiakasvaatimusten välinen yhteys. Esimerkki täydennetystä K-matriisista on esitetty kuvassa 5. (Pakkanen, 2015)

Modifoitu K-Matriisi

- (1) Asiakasvaatimus tarvitsee geneerisen elementin / ratkaisun
 (2) Asiakasvaatimus sulkee pois geneerisen elementin / ratkaisun
 (3) Asiakasvaatimus voi vaikuttaa geneeriseen elementtiin / ratkaisuun
 (tyhjä solu) Asiakasvaatimuksella ei vaikutusta

		Asiakasvaatimukset		
		Asiakasvaatimusryhmä 1		
		Vaatimus 1.1	Vaatimus 1.2	Vaatimus 1.3
		Asiakasvaatimusryhmä 2		
		Vaatimus 2.1	Vaatimus 2.2	
		Asiakasvaatimusryhmä 3		
		Vaatimus 3.1	Vaatimus 3.2	Vaatimus 3.3
		Vaatimus 3.4		
Geneeriset elementit	Tekniset ratkaisut ja niiden tyypit			
Geneerinen elementti 1				
	Ratkaisu A (standardisoitu elementti)			
Geneerinen elementti 2				1
	Ratkaisu B (konfiguroitava elementti)			1
	Ratkaisu C (konfiguroitava elementti)			1 1
	Ratkaisu D (konfiguroitava elementti)			1
Geneerinen elementti 3		1		
	Ratkaisu E (ainutlaatuinen elementti)	1 1 1	1 1	

Kuva 5. K-matriisi, johon on täydennetty tekniset ratkaisut mukailleen Pakkanen (2015)

Seuraava vaihe on tuoteperheen dokumentointi. Dokumentoinnin tarkoituksena on kuvata mitä tuoteperhe sisältää ja millaisilla elementeillä ja ratkaisuilla on pyritty vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin. Prosessissa suositellaan käytettäväksi Product Structuring Blue Print (PSBP) -työkalua. Vaiheessa luodut dokumentit ovat hyvä apu tulevaisuudessa, jos yritys haluaa tehdä muutoksia tuoteperheeseen. (Pakkanen, 2015)

Prosessin viimeisessä vaiheessa analysoidaan tuotekehityksen tuloksia Business Impact Analysis (BIA) -työkalun avulla. Analyysin avulla selvitetään, kuinka hyvin alussa määriteltyihin tavoitteisiin päästiin ja onko suunniteltu tuoterakenne kilpailukykyinen. Brownfield-prosessin vaiheita ei ole pakko suorittaa tässä työssä esitettyssä järjestyksessä. Pitää kuitenkin muistaa, että osa vaiheista vaativat tietoa muista vaiheista, jotka tulisi siten suorittaa ensin. (Pakkanen, 2015)

5. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää massaräätälöitävän tuotteen ominaisuudet ja massaräätälöitävän tuotteen suunnitteluprosessi. Niiden lisäksi tavoitteena oli myös selvittää, millaisia työkaluja voidaan käyttää modulaarisuuden suunnittelussa. Työ on kirjallisuuskatsaus, jossa tietoa haettiin useasta lähteestä. Lähteet koostuivat pääasiassa vertaisarvioituista artikkeleista ja muutamasta kirjallisuuskatsauksesta.

Massaräätälöinnin tarkoituksena on valmistaa varioituvia tuotteita kohtuullisilla hinnoilla. Sitä voidaan pitää eräänlaisena massatuotannon ja räätälöinnin välimuotona. Massaräätälöinnissä tuotteen räätälöinti voi kohdistua tuotteen toiminnallisuuteen tai sen ulkonäköön. Yleisesti massaräätälöinnissä yritys on valmiiksi määrittänyt millaisia variaatiovaihtoehtoja he tarjoavat. Massaräätälöinnin yksi tärkein mahdollistaja on modulaarinen tuoterakenne. Massaräätälöinnin toteutus vaatii myös joustavaa tuotantojärjestelmää ja suurempaa vuorovaikutusta asiakkaiden ja yrityksen välillä.

Ominainen tekijä massaräätälöitävälle tuotteelle on sen modulaarinen tuoterakenne. Modulaarinen tuoterakenne koostuu moduuleista, joita vaihtamalla voidaan tuottaa erilaisia tuotevariaatioita. Jotta moduuleita voidaan vaihdella keskenään, täytyy moduulien välisten rajapintojen olla standardisoituja. Modulaarisuutta tarvitaan etenkin tuoteperheiden muodostamisessa. Tuoteperhe koostuu joukosta tuotteita, jotka perustuvat samaan tuotealustaan. Tuotealustaan voidaan liittää erilaisia moduuleita, jolloin saadaan toisistaan eri toiminnallisia tai näköisiä tuotteita.

Konfiguroinnissa asiakas valitsee itselleen sopivan vaihtoehdon tuotevalikoimasta. Eri tuotekonfiguraatioiden pitää olla selkeästi määritellyjä ja niiden erot pitää olla selkeitä. Liian samanlaiset tuotekonfiguraatiot hankaloittavat valintaprosessia, jolloin asiakas ei välttämättä koe saavansa mitään arvoa räätälöinnistä. Tämän lisäksi tuotekonfiguraatioiden määrän laajentaminen suurentaa kustannuksia ja pidentää toimitusaikoja. Yrityksen tulisi löytää sopiva tasapaino tuotevariaation ja kustannusten hallinnassa, jotta massaräätälöinnistä saataisiin eniten hyötyä.

Massaräätälöinnissä tuotesuunnittelu voi kohdistua yrityksen nykyisiin tuotteisiin tai täysin uusiin tuotteisiin. Erona perinteisen tuotteen tuotesuunnitteluun, massaräätälöitävän tuotteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tuotteen modulaarisuuteen liittyvät tekijät. Tuotesuunnittelussa pitää määrittellä mitkä toiminnot ovat samassa moduulissa

ja mitkä erikseen. Sen lisäksi tuotesuunnittelussa on syytä panostaa rajapintoihin ja niiden määrittelyyn, sekä konfigurointitiedon muodostamiseen. Tuoteperheen suunnittelun tavoitteena on muodostaa tuotevalikoima, jolla pystytään vastaamaan kaikkiin tärkeimpiin asiakasvaatimuksiin. Tavoitteena on myös yhtenäistää sellaiset komponentit, joiden tarkoitus ei ole tuottaa tuotevariaatiota.

Modulaarisen tuoteperheen tuotekehittelyä varten on olemassa useita työkaluja. Erixonin 1998 esittelemässä Modular Function Deployment-työkalussa käytetään moduulijureita, joiden avulla strategiset tavoitteet sidotaan teknisiin ratkaisuihin. Pakkasen (2015) esittelemä Brownfield-prosessi edustaa uudempaa metodia, jossa hyödynnetään yrityksen nykyisiä tuoteratkaisuja.

LÄHTEET

- Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. (2007). *Massaräätälöinnillä kilpailukykyä*. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.
- Borjesson, F., Hölttä-Otto, K. (2014). A Module Generation Algorithm for Product Architecture Based on Component Interactions and Strategic Drivers. *Research in engineering design*. Vol.25(1), pp.31–51.
- Choi, T., Ma, C., Shen, B., Sun, Q. (2019). Optimal Pricing in Mass Customization Supply Chains with Risk-Averse Agents and Retail Competition. *Omega (Oxford)*. Vol.88, pp.150–161.
- Daaboul, J., Da Cunha, C., Bernard, A., Laroche, F. (2011). Design for Mass Customization: Product Variety Vs. Process Variety. *CIRP annals*. Vol.60(1), pp.169–174.
- Erixon, G. (1998). *Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation*. The Royal Institute of Technology.
- Fabrizio, S., Martin de Holan, P., Piller, F. (2009). Cracking the Code of Mass Customization. *MIT Sloan management review*. Vol.50(3), pp.71–78.
- Franke, N., Piller, F. (2004). Value Creation by Toolkits for User Innovation and Design: The Case of the Watch Market. *The Journal of product innovation management*. Vol.21(6), pp.401–415.
- Fredberg, T., and Piller, F. (2011). The Paradox of Tie Strength in Customer Relationships for Innovation: a Longitudinal Case Study in the Sports Industry. *R & D management*. Vol.41(5), pp.470–484.
- Gilmore, J., Pine II, J. (1998). The Four Faces of Mass Customization *Harvard Business Review (January–February 1997)*, pp. 91–101. *The Journal of product innovation management*. Vol.15(2), pp.191–193.
- Hou, L., Wu, Y., Lai, R., Huang, S. (2013). Evaluation and Driver Analysis in Product Family Evolution. *International journal of advanced manufacturing technology*. Vol.69(1-4), pp.863–874.

- Imsdahl, A., Lange, M. (2014). Modular Function Deployment: Using Module Drivers to Impart Strategies to a Product Architecture. *Advances in Product Family and Product Platform Design: Methods & Applications*. pp.91–118.
- Jost, P., Süsser, T. (2020). Company-Customer Interaction in Mass Customization. *International journal of production economics*. Vol.220, pp.107454.
- Kashkoush, M., ElMaraghy, H. (2017). Designing Modular Product Architecture for Optimal Overall Product Modularity. *Journal of engineering design*. 28(5), pp.293–316.
- Kratchovil, M., Carson, C. (2005). *Growing modular: mass customization of complex products, services and software*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg: Imprint: Springer.
- Lau, A. (2011). Critical Success Factors in Managing Modular Production Design: Six Company Case Studies in Hong Kong, China, and Singapore. *Journal of engineering and technology management*. Vol.28(3), pp.168–183.
- Lehtonen T., Pakkanen J., Järvenpää J., Lanz M., Tuokko R. (2011). A brownfield process for developing of product families., *ICED 11 - 18th International Conference on Engineering Design - Impacting Society Through Engineering Design*. Vol.4, pp.248-257.
- Lin, Y., Pekkarinen, S. (2011). QFD-Based Modular Logistics Service Design. *The Journal of business & industrial marketing*. Vol.26(5), pp.344–356.
- Pakkanen J. (2015). *Brownfield Process: A Method for the Rationalisation of Existing Product Variety Towards a Modular Product Family*. Tampere University of Technology.
- Pakkanen, J., Juuti, T., Lehtonen, T. (2016). Brownfield Process: A Method for Modular Product Family Development Aiming for Product Configuration. *Design studies*. Vol.45, pp.210–241.
- Pakkanen, J., Juuti, T., Lehtonen, T. (2019). Identifying and Addressing Challenges in the Engineering Design of Modular Systems - Case Studies in the Manufacturing Industry. *Journal of engineering design*. Vol.30(1), pp.32–61.
- Pine B, J. (1993). *Mass customization The new frontier in business competition*. Boston Mass.: Harvard Business School Press.
- Pollard, D, Chuo, S., Lee, B. (2016). Strategies For Mass Customization. *Journal of business & economics research (Littleton, Colo.)*. Vol.14(3), pp.101–110.

- Schreier, M. (2006). The Value Increment of Mass-customized Products: An Empirical Assessment. *Journal of consumer behaviour*. Vol.5(4), pp.317–327.
- Shaik, R. (2015). Development of Modular Manufacturing Systems—a Review. *International journal of advanced manufacturing technology*. Vol.76(5-8), pp.789–802.
- Shamsuzzoha, A.H.M. (2011). Modular Product Architecture for Productivity Enhancement. *Business process management journal*. Vol.17(1), pp.21–41.
- Simpson, T., Siddique, Z., Jiao, R. (2006). *Product Platform and Product Family Design Methods and Applications*. 1st ed.. New York, NY: Springer US.
- Stjepandić, J., Ostrosi, E., Fougères, A., Kurth, M. (2015). *Modularity and Supporting Tools and Methods. Concurrent Engineering in the 21st Century*. Cham: Springer International Publishing. pp.389–420.
- Tuominen, K., Vaso, J. (2012). *Competitive Advantage through Mass Customisation : Self-Assessment Work Book : 39 Probing Questions and Contrasting Pairs of Examples : What Separates the Successful from the Average?*. Australia: Sai Global.
- Vickery, S., Koufteros, X., Dröge, C., Calantone, R. (2016). Product Modularity, Process Modularity, and New Product Introduction Performance: Does Complexity Matter?. *Production and operations management*. Vol.25(4), pp.751–770.
- Wang, Z., Chen, L., Zhao, X., Zhou, W. (2014). Modularity in Building Mass Customization Capability: The Mediating Effects of Customization Knowledge Utilization and Business Process Improvement. *Technovation*. Vol.34(11), pp.678–687.
- Zinn, W. (2019). A Historical Review of Postponement Research. *Journal of business logistics*. Vol.40(1), pp.66–72.
- Ye, X., J.Theveanot, H., Alizon, F., Gershenson, J., Khadke, K., Simpsons, T., Shooter, S. (2009). Using Product Family Evaluation Graphs in Product Family Design. *International journal of production research*. Vol.47(13), pp.3559–3585.