



Tuotteen moduloinnin suunnittelu

Aaro Kaasinen

Opinnäytetyö, AMK

Maaliskuu, 2023

Tekniikan ala, AMK

Konetekniikan tutkinto-ohjelma, AMK

Kaasinen, Aaro

Tuotteen moduloinnin suunnittelu

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Helmikuu, 2023, 32 sivua

Tekniikan-ala, Konetekniikan tutkinto-ohjelma, Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tehtiin tutkimus Harvia Finland Oy tuotekehitysprosessiin. Toimeksiantaja halusi lisätä tuotteiden modulaarisuutta ja saavuttaa säästöjä tulevien tuoteperheiden elinkaaren aikana tapahtuviin toimenpiteisiin. Tutkimukseen kerättiin modulaarisen tuotteen teoriaa ja kuinka se suunnitellaan tuotteeseen. Alkuperäisenä tarkoituksena oli viedä toimeksiantajan tuoteperhettä modulaariseksi, mutta tämän tueksi ei löytynyt yksiselitteistä vakio prosessia.

Kehittämistutkimuksella tutkittiin toimeksiantajan tuoteperheitä ja tuotekehitystoimintaa. Haastatteluilla kerättiin tietoa ja ymmärrystä, tuotekehitykseen kuuluvilta sidosryhmiltä. Prosessia myös havainnointiin tutkijan toimesta. Teoriapohjana käytettiin tuotekehitykseen ja modulaariseen tuotteeseen perehtyviä teoksia. Näistä eniten tutkittiin tuotteen modulointiprosessia ja mitä vaatimuksia sen suorittamiseen liittyi.

Haastattelujen pohjalta saadut tulokset puolsivat tuotekehityksen vakiointia ja tuotteiden modulaarisuuden lisäämistä. Hyvinä puolina nähtiin aikasäästöt ja oman työkuorman keveneminen, mutta tuoteperheiden pitäisi käydä mahdollisimman moneen kohteeseen.

Johtopäätöksenä luotiin toimeksiantajalle prosessiehdotus, jossa pohjana käytettiin yleistä tuotekehitysprosessia ja liitettiin MFD-prosessi konseptointi vaiheeseen. Prosessimallia testataan ja räätälöidään tulevaisuudessa sopivammaksi.

Avainsanat (asiasanat)

Modulaarisuus, Konfigurointi, Variaatio, Tuoteperhe, Tuotekehitys, Prosessi

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 3 on salassa pidettävä, ja se on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot (JulKL 24§, 21). Salassapitoaika on viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 14.3.2028

Kaasinen, Aaro

Planning for modular product

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, January 2023, 32 pages

Technology, Mechanical engineering, Bachelor's thesis

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Assignment of the thesis was to evaluate and research the product development process of Harvia Finland Oy. The employer wanted to bring modularity to their product families and get savings during the products life cycle. The research started by going through theory of modularization and methods to incorporate it to products. Preliminary goal of the thesis was to add modularity to certain product family, but there was no standardized process to base it on.

Development research was performed to the employer's product development and product families. Core teams were interviewed to collect information and to get basic understanding of the current situation. Design process was also observed by the researcher. Most used theory basis was modular product design and modular function deployment. They gave basic guidelines how modularity is designed to the products.

Based on the information gathered from interviews, systematic product design would be quite welcome process for the employer. Also having standardized products could save time in manufacturing and sales. There could be lot of time and resource savings using standard process. Downside of more standardized product would be reduced customization for the customer.

As result employer received process suggestion graph. It was based on general product design process and MFD-process added as loop. The new process will be tested in the future and improvements will be made to it accordingly.

Keywords/tags (subjects)

Modularity, Configuration, Variation, Product family, Product development, Process

Miscellaneous (Confidential information)

Appendix 3 is confidential and has been removed from the public thesis. The basis for confidentiality are information regarding technology or development process and their evaluation (JulkL 24§, 21). Period of confidentiality is five (5) years, ending 14.3.2028.

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Käsitelmäärittely	3
3	Tutkimusasetelma	5
3.1	Tutkimuskohde.....	5
3.2	Tutkimusongelma.....	6
3.3	Tutkimuksen tavoite.....	7
3.4	Tutkimusote	7
3.5	Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmä.....	7
3.6	Luotettavuusvarauma	7
4	Tietoperusta	8
4.1	Tuotekehitysprosessi.....	8
4.2	Tuotetyypit	11
4.3	Konfigurointi.....	12
4.4	Modulointi.....	13
4.5	Moduulirakenne	14
4.6	Moduloinnin prosessi.....	18
4.7	Kehittämistutkimus	20
5	Tutkimustulokset.....	22
6	Johtopäätökset.....	24
6.1	Tuotekehitysprosessi.....	24
6.2	Modulointi.....	25
6.3	Prosessiehdotus	26
7	Pohdinta.....	27
	Lähteet	29
	Liitteet	30
	Liite 1. Haastatteusuunnitelma	30
	Liite 2. Teemahaastattelun runko	31
	Liite 3. Prosessikaavio	32

Kuviot

Kuvio 1. Yleinen tuotekehitysprosessi.	8
Kuvio 2. Elektroniikkatuotteen suunnittelutiimi.....	9
Kuvio 3. Yleistetty lähestymistapa tuotekehitysprosessiin.....	11
Kuvio 4. Tuotetyyppien vaatimat resurssit (Martio 2015, 15).....	12
Kuvio 5. Modulaarisuuden tyypit.....	16
Kuvio 6. Carry-over – moduulit ja tuoteperheen elinkaari.....	18
Kuvio 7. Modular Function Deployment - menetelmän vaiheet.....	20

Taulukot

Taulukko 1. Modulaarisen järjestelmän eri tyyppejä	15
Taulukko 2. Vastaukset otsikkoina ja määrinä.....	22

1 Johdanto

Toimeksiantajalla oli tarve saada nykyisestä toiminnasta suoraviivaisempaa ja helpottaa tuotteiden valmistamista. Tutkimuksen hetkellä suurin osa yrityksen tuotteista valmistettiin projektimaisesti mittatilaustyönä ja tätä haluttiin viedä moduulivalmistuksen suuntaan. Myös myynnin osalta tuotteilla ei ollut selkeää portfolioita, joka mahdollisti tuotteiden räätälöinnin asiakkaan halujen mukaan. Tuotteita markkinoitiin ulkomaille ja nykyinen toimintatapa teki tuotteiden hallinnan haastavaksi. Varaosien ja lisävarusteiden myyminen räätälöityihin tuotteisiin vaatisi täydellisen dokumentoinnin jokaisesta myydystä tuotteesta tai tuotteet pitäisi mitoittaa yksi kerrallaan asiakkaan kohteessa.

Tuotteiden valmistusvolyymia haluttiin kasvattaa, jolloin projektiluontoisista tuotteista täytyisi siirtyä konfiguroitaviin tuotteisiin. Modulointi ja tuotekonfiguraatiot ovat olleet teollisuudessa käytössä jo pitkään ja sillä on pyritty antamaan asiakkaalle mahdollisuus vaikuttaa ostettuun tuotteeseen omilla valinnoillaan. Todellisuudessa konfiguraatiot saattavat ohjata asiakkaan valintoja ja lopputuloksena on vähemmän tuotevariaatioita. Siitä huolimatta asiakkaalle saattaa jäädä parempi mielikuva, koska hän on päässyt konkreettisesti vaikuttamaan ostamaansa tuotteeseen.

Opinnäytetyö liittyi yrityksen tuotekehityksen ja tuotesuunnittelun parantamiseen. Työssä käytiin läpi tuotekehitysprosessin ja moduloinnin teoriaa. Tavoitteena oli parantaa toimeksiantajan tuotekehitysprosessia ja tuoda tuotemodulointi osaksi sitä.

2 Käsitelmäärittely

Adaptiivinen	Mukautuva tai sopeutuva osa tuotteessa
Konfiguraatio	Yhdistelmä tai asetelma moduuleja
MFD	Modular Function Deployment, Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin
Methodinen	Suunnitelmallinen menettelytapa

MIM	Module Indication Matrix, matriisi, jolla arvioidaan teknisten ratkaisujen ja modulointia ohjaavia tekijöitä
Moduuli	Itsenäinen osa, joista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia.
Moduulirajapinta	Liitoskohta tai erillinen osa, joka yhdistää moduulit toisiinsa
QDF	Quality Function Deployment, tuotekehitysmenetelmä asiakastarpeiden ja tuoteominaisuuksien arviointiin
Sidosryhmä	Organisaation ryhmä, joka vuoro vaikuttaa prosessiin
Systemaattinen prosessi	Järjestelmällinen tapahtuma tai kehityskulku
Tuoteperhe	Toisiinsa liittyvien tuotteiden kokonaisuus
Tuoteportfolio	Tuotevaihtoehtoja esittävä valikoima
Vaatimuslista	Dokumentti, johon on kerätty uuden tuotteen tavoitteet
Variaatio	Muunnelma

3 Tutkimusasetelma

3.1 Tutkimuskohde

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Harvia Finland Oy, joka valmisti saunoja osana isompaa yhtiötä nimeltään Harvia Group. Harvia oli suomalainen yritys, jonka perusti Tapani Harvia vuonna 1950 Jyväskylässä ja yritys oli toiminut yli 70 vuotta. Alkuaikoina se valmisti 100–1000 kiuasta vuodessa ja tuotantomäärien kasvaessa perustettiin uusi tuotantotila Muurameen 1970-luvun alussa. Sähkökiukaat tulivat Harvian valikoimaan 1980-luvun loppupuolella, jolloin se oli jo maailman johtava puukiukaiden valmistaja. 1990-luvun aikana alkoi kansainvälistyminen ja kiukaita alettiin vie-mään aluksi Keski-Eurooppaan. Vienti laajeni myös Venäjälle, Itä-Eurooppaan ja Yhdysvaltoihin. Saunakokonaisuuksien myynti aloitettiin 1997.(Harvian tarina. N.d.)

Nykyään Harvia on globaali suuryritys, joka valmistaa sauna- ja spa-tuotteita. Harvian missio on tarjota luontaista hyvinvointia ja rentouttavia hetkiä sekä antaa mahdollisuus nauttia saunan parantavasta lämmöstä. Sen tavoitteena on olla sauna ja spa-alan globaali johtaja. (Missio ja visio. N.d.). Harvia valmisti alun perin vain kiukaita, mutta yrityksen kasvaessa yritykseen hankittiin spa-osaamista yrityskaupoilla. Konserniin kuului saksalainen Sentiotec, EOS innovative sauna, yhdysvaltalainen Almost Heaven saunas, suomalainen Harvia technology ja Kirami. (Tutustu brändeihimme. N.d.)

Yrityksen liikevaihto oli 109 miljoonaa euroa vuonna 2020, ja liikevaihdon kasvu oli 64,2 %. Liikevoittoa yritys saavutti n. 47,3 miljoonaa euroa ja omavaraisuus aste oli 42,4 %. Oman pääoman tuotto (ROE) oli 45,5 % ja oikaistu sijoitetun pääoman tuotto (ROCE) 112,6 %. (Taloustietoa. 2022)

Harvia-group työllisti yli 800 henkilöä Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa. Tästä määrästä noin 230 henkilöä työskenteli pääkonttorissa ja tuotantolaitoksessa Muuramessa, Keski-Suomessa (Harvia Oyj vuosikertomus. 2021)

3.2 Tutkimusongelma

Toimeksiantajan lähtökohta tutkimuksen suorittamiseen oli tilanne, jossa tuotteet valmistettiin projektimaisesti. Vanha toimintatapa oli muuttunut hankalammaksi hallita tuoteportfolion laajentuessa. Suuri määrä tuotteita ja niiden variaatioita toi myös paljon lisäkustannuksia tuotteiden valmistuksessa. Jokainen tuoteperhe oli suunniteltu eri tyyllillä eikä tuotteiden välisiin yhteneväisyyksiin ollut kiinnitetty riittävästi huomiota. Tuotteita myös aloitettiin markkinoimaan prototyyppien pohjalta, jolloin tuoterakenteet määrittyivät pahimmassa tapauksessa keskeneräisestä tuotteesta. Myynti räätälöi tuotteet asiakkaan tarpeiden ja toivomuksien mukaan, joka toi myös oman haasteensa tuoteperheen valmistuksen hallintaan.

Ongelma oli tullut esille viimevuosina, kun toimeksiantaja oli suuressa taloudellisessa kasvussa. Toimeksiantaja halusi yksinkertaistaa tulevia tuoteperheitä ja saada parannuksia tutkimuksen kautta niiden suunnitteluun. Koska kyseessä on yrityksen palveluun ja tuotteeseen liittyvä tutkimus, käytettiin tutkimusmenetelmänä kehittämistutkimusta. Tuloksilla pyrittiin kartoittamaan edellytyksiä moduloitavan tuotteen suunnitteluun ja tuoda systemaattinen suunnitteluprosessi osaksi tuotekehitystä. Toimintatutkimus rajoittui yhteen yhden kierroksen parannusehdotuksiin aikataulun puitteissa ja pitkän aikavälin vaikutuksia ei pystytty seuraamaan opinnäytetyön aikana. Tavoitteena oli luoda pohjatyo modulaarisen tuotteen suunnittelua varten.

Tutkimuskysymyksiä olivat:

- Miten moduulit suunnitellaan tuotteeseen?
- Moduulien käyttäytyminen tuotteen elinkaaren aikana?
- Miten tuotteeseen luodaan modulaarinen rakenne?

Työssä ei päästy vastaamaan kysymyksiin kovinkaan hyvin, koska tuotekehityksen ongelman juurisyiksi paljastui systemaattisen prosessin puuttuminen. Se aiheuttaa moduulien suunnittelussa suuria haasteita, eteenkin hallittavuuden kannalta. Ongelmaa lähdettiin tutkimaan systemaattisen tuotekehityksen kautta.

3.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli luoda pohja modulaarisen tuotteen suunnittelulle. Toimeksiantajan näkökulmasta tavoitteena oli saada modulaarinen kolmiulotteinen malli, josta olisi saatu suoraan valmistuskuvat ja materiaalikulutuksen. Tutkimuksen aihe rajattiin modulaarisen tuotteen suunnitteluun, koska mallinnusohjelmien ja niitä tukevien sovelluksien tutkiminen tieteellisesti olisi ollut hankalaa. Tuotekehitykseen lähdettiin luomaan prosessiehdotusta.

3.4 Tutkimusote

Toimeksiantajan ongelmaa tutkittiin tekemällä havaintoja ja haastatteluja. Laadulliset menetelmät valittiin tutkimukseen, koska tuotekehityksestä ei ollut saatavilla määrällistä tietoa ja vähäisistä haastatteluista oli vaikea muodostaa kattavaa numeraalista tietoa. Tutkimuksessa havainnoitiin olemassa olevia tuoteperheitä, joista tunnistettiin moduloinnin mahdollisuuksia. Opinnäytetyössä tutkittiin toimeksiantajan tuotekehitysprosessia, koska moduulien suunnittelu ja määrittäminen tukeutuu systemaattiseen tuotekehitykseen. Haastatteluilla kartoitettiin toimeksiantajan sidosryhmien tarpeita ja näkemyksiä tuotteiden ja niiden suunnittelun tulevaisuudesta.

3.5 Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmä

Aineisto kerähtiin laadullisesti haastatteluilla ja havainnoimalla. Haastattelut kohdistettiin myynnin, suunnittelun- ja tuotannon toimihenkilöihin. Kyselylomakkeissa olevat kysymykset liittyivät vain työskentelyyn ja eivät sisällä henkilökohtaisia tietoja. Opinnäytetyössä ei havaittu tarvetta teettää eettistä ennakkoarviointia.

3.6 Luotettavuusvarauma

Opinnäytetyössä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä ja raportointi ohjeiden mukaista lähteiviitteiden merkintää. Opinnäytetyössä tehtiin haastattelututkimusta, joista kootaan anonyymi tutkimusaineisto. Tutkimuksessa käytettiin haastatteluja ja havainnointia, joista tehtiin johtopäätöksiä. Molemmassa aineiston keräysmenetelmissä on mahdollista tehdä tulkintavirheitä ja saada yksipuoleisen näkökulman kuten Vilka (2008) kirjoitti. Tutkimusaineisto kerättiin haastatteluina, joista tutkija kirjoitti pääkohdat ylös. Koska haastatteluja ei nauhoitettu, haastattelut olivat vapaa

muotoisempia, mutta mahdollistivat myös virheiden syntyminen tutkijan tekemiin muistiinpanoihin.

4 Tietoperusta

Opinnäytetyön tietoperustana käytettiin tuotekehityksen ja suunnittelun kirjallisuuden teoksia. Lähdeaineiston kirjoittajat ovat tunnettuja tuotekehityksen ja suunnitteluprosessien alalta. Systemaattinen tuotekehitys oli yksi kulmakivi moduloitavan tuotteen suunnittelussa, koska se tuo moduulien määrittämisen prosessin yhtenä osa-alueena. Tietoa haettiin myös konfiguroinnista ja tuotteen moduulirakenteesta. Edellä mainitut alueet liittyivät keskeisesti toimeksiantajan kuvaamaan ongelmaan ja antavat käsityksen olemassa olevista vaihtoehdoista modulointiin. Tietoperusta toimi tutkimuksen parannusehdotuksien teoriapohjana ja sitä käytettiin apuna haastattelukysymyksen luonnissa.

4.1 Tuotekehitysprosessi

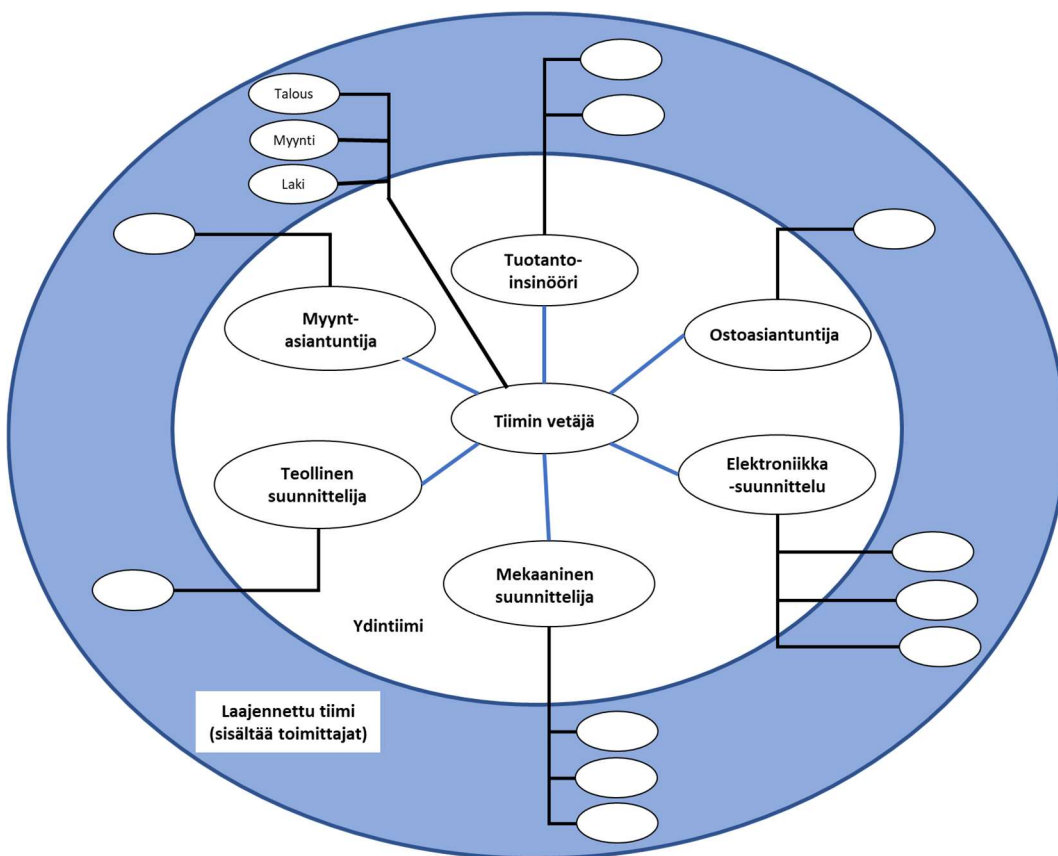
Tuotekehitysprosesseja on olemassa montaa eri tyyppiä ja variaatiota, joita käytetään tuotesuunnittelun apuna. Prosessin tarkoituksena on saavuttaa asiakastarpeeseen vastaava tuote jo suunnittelu vaiheessa. Sitä käytetään apuna havainnollistamaan tuotesuunnittelun vaiheistusta ja tehostamaan suunnittelun läpimenoaika. Kaikissa näissä variaatioissa pyritään systemaattisuuteen ja iteroimaan sopivimmat vaihtoehdot ja ratkaisut tuotteeseen. Prosessi vaihtelee yritysten ja tuotteiden kohdalla toisistaan, mutta ne pohjautuvat johonkin vakiintuneeseen systemaattiseen suunnitteluprosessiin. Kuviossa 1 esitetään Ulrich, Eppinger ja Yangin (2020) yleinen tuotekehitysprosessi, jossa luodaan tuote tarpeeseen ja viedään se tuotantoon asti.



Kuvio 1. Yleinen tuotekehitysprosessi (Ulrich ja muut 2022, 9).

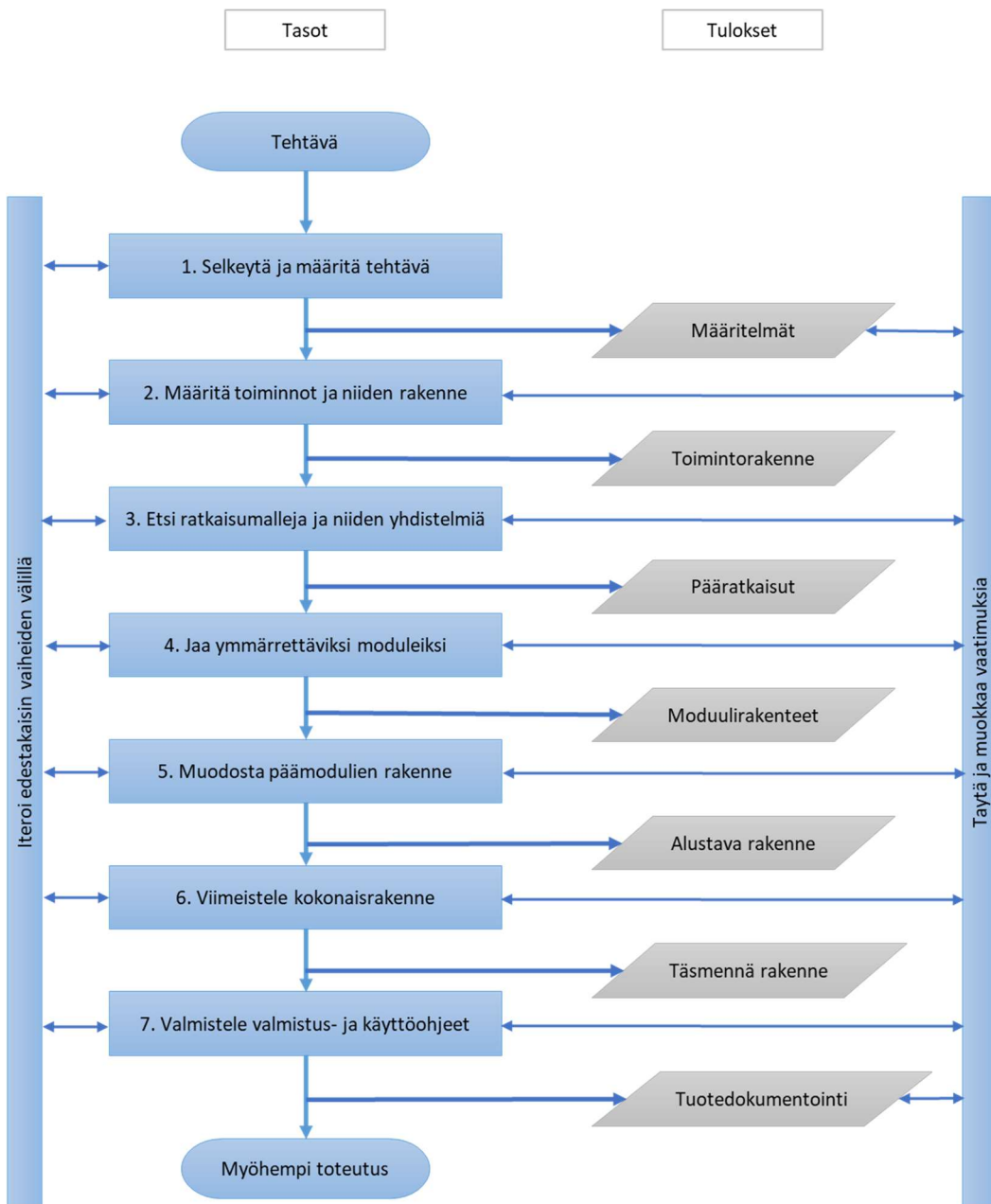
Prosessiin sitoutuu yrityksen useita eri osastoja, jotka antavat oman työpanoksensa siihen. Suunnittelu vaiheessa osastoista yleisimmät ovat markkinointi, suunnittelu ja tuotanto, jotka Ulrich ja muut (2020) määrittävät seuraavasti. Markkinoinnin tehtävänä on toimia yrityksen ja asiakkaiden välisenä asiantuntijana. Se tunnistaa myös markkinoiden mahdollisuuksia, uusien tuotteiden ja niiden tarpeiden kautta. Suunnittelu tuottaa tuotteelle sen tarvitseman fyysisen muodon. Tuotteelle luodaan myös kaikki sen tarvitsemat tekniset suunnittelut, kuten sähkö-, mekaaninen-, ergonominen-, käyttöliittymä- ja ohjelmistosuunnittelu. Tuotannon tehtävänä on suunnitella tuotteen valmistus- ja raaka-aineiden hankintaketju. Se myös osallistuu suunnitteluvaiheessa tuotteen valmistettavuuden varmistamiseen. (Ulrich, Eppinger & Yang 2020, 2–3)

Edellä mainituista ryhmistä muodostetaan suunnittelutiimi, jossa on tiimin vetäjä. Tiimin vetäjä hallitsee ryhmän ydintoimintaa ja määrittää aikataulut, resurssit ja vastuut. Suunnittelutiimin tarkoituksena on tehdä tuotekehitysprojektista mahdollisimman tehokas ja lyhentää tuotesuunnittelun läpimenoaikoja. Kuvio 2 havainnollistaa suunnittelutiimin rakennetta ja niiden yhteyksiä muihin toimintoihin. (Mts. 3–4)



Kuvio 2. Elektroniikkatuotteen suunnittelutiimi (Ulrich ja muut 2022, 4).

Tuotekehitystä ja suunnittelua voidaan lähestyä tieteellisesti tai metodistisesti. Tieteellisessä suunnittelussa pyritään ratkaisemaan ongelmia analyttisesti, joiden pohjalta saadaan määrittävät vaatimukset tuotteelle. Vaatimukset ovat yleensä toisistaan riippuvaisia ja sitä kautta pyritään pääsemään optimaaliseen lopputulokseen tuotteen suunnittelussa. Metodinen suunnittelu pyrkii soveltamaan eri suunnitteluperiaatteiden antamia työkaluja ja on notkeampaa kuin tieteellinen suunnittelu. Molemmista tavoista tärkeänä osana on myös intuitio ja kokemus. Ilman niitä tuotekehitys tuottaisi joka kerta vain samoja vastauksia, joita tiede ja prosessit yleensä tuottavat. Tuotekehityksen on tarkoitus tuottaa uudenlaisia ideoita ja kehittää uusia tai olemassa olevia ratkaisuja sopivammiksi haluttuun ongelmaan. Tuotekehitysprosessin on tarkoituksena harmonisoida tuotekehityksen tapahtumia ja tehdä kokonaisuudesta helpommin käsiteltävä. Kuviossa 3 on esitetty yksi systemaattinen tapa tuotekehitysprosessiin ja vaiheiden välillä saatavat tulokset. Siinä on myös esitetty osittain moduulirakenteen tuomista tuotteeseen. (Pahl, Beiz, Feldhusen & Grote 2007, 9–10).

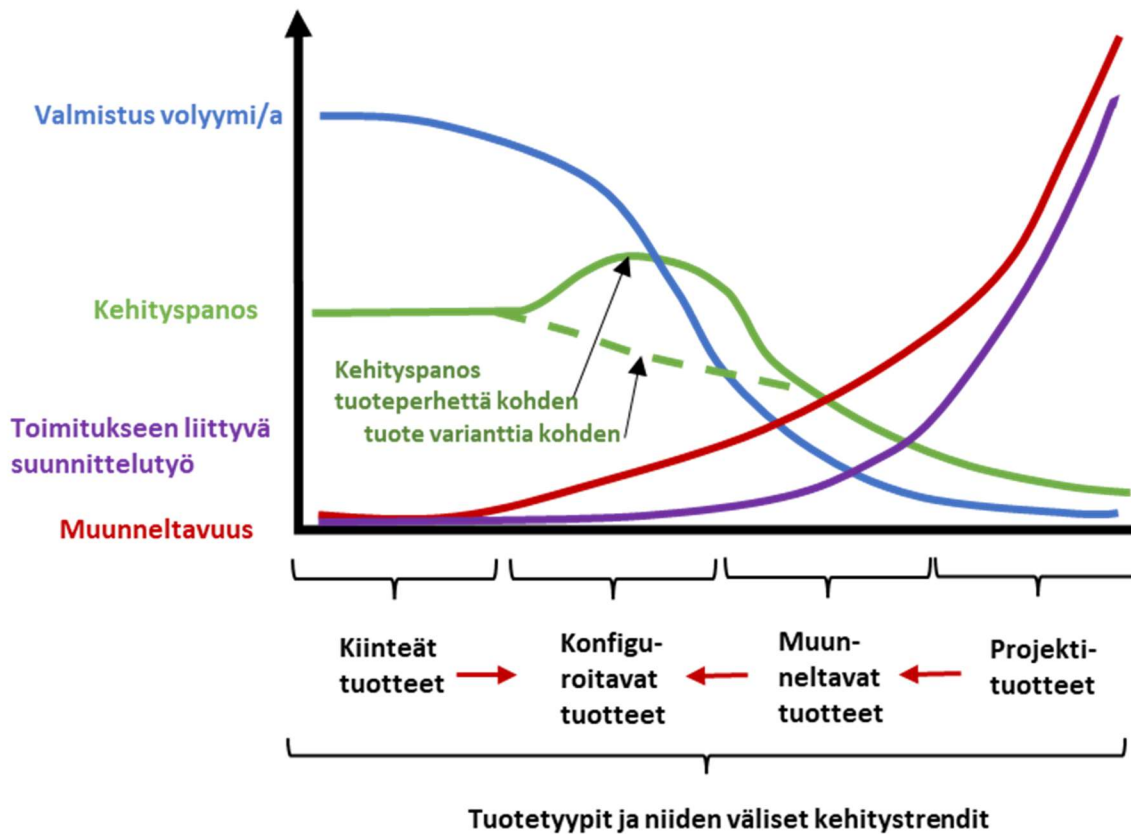


Kuvio 3. Yleistetty lähestymistapa tuotekehitysprosessiin (Pahl ja muut 2007, 19).

4.2 Tuotetyypit

Valmistettavia tuotteita voidaan kategoroida usealla eri tavalla, riippuen tutkittavasta osa-alueesta. Martio (2015) jakoi konfiguroinnissa tuotteet kiinteiksi-, konfiguroitavaksi-, muunneltavaksi- ja projektituotteeksi. Tällä jaolla pyrittiin hahmottamaan tuotteen tyyppin vaikutusta eri osa-alueilla. Kuvio 4 havainnollistaa tuotetyyppien vaatimia resursseja ja rajoitteita. Kiinteiden tuotteiden hyvinä ominaisuuksina voidaan pitää sen valmistamista suuressa volyymissa ja kustannuksien en-

nakoitavuutta, mutta sen muuntaminen on kallista ja hankalaa tai jopa mahdotonta. Konfiguroitavassa tuotteessa saavutetaan jonkin asteista muunneltavuutta, mutta se vaatii enemmän suunnittelua ja valmistettavuus suuressa volyymissa heikkenee.



Kuvio 4. Tuotetyyppien vaatimat resurssit (Martio 2015, 15)

4.3 Konfigurointi

Martion (2015) mukaan konfigurointia käytetään tuotteissa, joissa halutaan antaa asiakkaalle mahdollisuus vaikuttaa lopulliseen kokonaisuuteen. Konfiguroitava tuote on yhdistelmä kiinteää ja muunneltavaa tuotetta, jossa asiakas voi vaikuttaa omilla valinnoillaan rajatusti omaan tuotteeseensa. Konfiguroinnilla saadaan tuotteeseen suuri määrä variaatioita, ilman tarvetta valmistaa kaikkia tuotteita räätälöidysti. Tässä tilanteessa tuote kasataan valmiista moduuleista, jotka sopi-

vat toisiinsa yhtenäisillä moduulirajapinnoilla. Konfigurointi on käsitteenä erittäin laaja. Sitä voidaan soveltaa useaan eri ongelman ja se on käytössä monella eri alalla. Konfigurointia luodessa pitää ymmärtää tuotteen tai palvelun lähtökohdat, jolloin voidaan valita oikeanlainen lähestymistapa sen luomiseksi. Konfiguroinnin teoria voidaan jakaa kolmeen päälähestymistapaan, jotka ovat sääntöihin-, tapauksiin ja malliin perustuva päättely. (Mts. 42)

Sääntöihin perustuva päättely perustuu ”jos ja silloin” lausekkeisiin. Päättelylle annetaan argumentti, jonka perusteella logiikka tuottaa tuloksen. Nämä lausekkeet toimivat ohjelmoinnissa perussääntöinä ja näitä hyödynnetään eteenkin IT-alan järjestelmissä. Ongelmana on sääntöketjujen kasvaminen suureksi ja lopulta sääntöjen ylläpito muuttuu mahdottomaksi. Tapauksiin perustuvassa päättelyssä lopputulos kootaan suuresta määrästä tapauksia ja valitaan yleisimmät tulokset konfigurointiin. Huonoina puolina on päättelyn luotettavuus rajatulla määrällä aineistoa tai tapah-tumia. (Mts. 42–43.)

Mallin perustuvassa päättelyssä pyritään välttämään aiemmin mainitun sääntöihin perustuvan päättelyn ongelma, monimutkaisesta ylläpitämisestä. Päättelyssä tehdään rajauksia elementeillä ja niiden yhteen sopivuudella, jolloin poistetaan aikaisempi lausekkeketjujen ylläpito-ongelma. Malliin perustuva päättely voidaan jakaa myös logiikkapohjaiseen, rajoitteelliseen ja resurssipohjaiseen päättelyyn. Logiikkapohjaisessa päättelyssä konfigurointi ohjelma valitsee loogisilla funktioilla tuloksen elementtien ja elementtiryhmiä sääntöjen perusteella. Rajoitteellisessa päättelyssä elementit sisältävät ehtoja ja sulkevat toisiaan pois ja tätä kautta muodostuu mahdollinen konfiguraatio. Resurssipohjaisessa päättelyssä elementit sisältävät resurssitiedon kulutuksesta ja tuotosta. Näiden perusteella nähdään onko konfiguraatio mahdollinen. (Mts. 43–45.)

4.4 Modulointi

Moduloinnissa tuote pyritään jakamaan itsenäisiin yksiköihin. Österholm ja Tuokko (2001) kertoivat moduulien koostuvan vakioiduista moduulirajapinnoista, jotka käyvät keskenään toisiinsa. Nämä rajapinnat mahdollistavat tuotteen varioinnin niiden sisällä, ilman tarvetta luoda uusia tapoja liittää moduuleja toisiinsa ja antaa myös mahdollisuuden moduulien vaihtamiseen. Moduloinnilla pyritään vastaamaan paremmin asiakastarpeisiin antamalla useita konfiguraatioita tuotteista ja säilyttää parempi tuotehallinta. (Mts. 8.)

Moduloinnilla saadaan organisaatiolle kokonaisvaltaisesti positiivisia vaikutuksia. Suunnittelussa saavutetaan lyhyempiä läpimenoaikoja, koska se mahdollistaa tuotteen moduulien yhtäaikaisen suunnittelun. Tuotteet saadaan markkinoille nopeammin ja se toimii yhtenä kilpailuetuna. Vakiintuneet moduulirajapinnat helpottavat tuotteen muuttamista ja ainoastaan moduulin sisäisiin ominaisuuksiin tarvitsee tehdä muutoksia.

Tuotteiden moduulit suunnitellaan tarkasti asiakastarpeiden mukaan, jolloin varmistetaan tuotteen ominaisuuksien soveltuvuus todellisiin markkinatarpeisiin. On myös hyvä ottaa huomioon markkinoiden jakautuminen eri tarpeisiin, että saavutetaan mahdollisimman suuri asiakaskunta tuotteelle. Moduuleja voidaan myös suunnitella eri käyttöympäristöihin, jolloin tavoitetaan uusia asiakkaita. (Mts. 8–9.)

4.5 Moduulirakenne

Modulaarisessa tuoterakenteessa käytetään kahta ominaisuutta. *”Nämä ominaisuudet ovat Österholmin ja Tuokon (2001, 9) mukaan seuraavat: Moduulit toteuttavat yhtä tai useampaa toimintoa. Niiden on oltava välttämättömiä tuotteen perustoiminnoille. Moduulien väliset vuorovaikutukset ovat tarkasti määriteltyjä ja välttämättömiä tuotteen perustoiminnoille.”* Modulaarinen tuote koostuu erilaisista moduuleista, joiden ominaisuudet ja moduulityypit vaihtelevat tarpeen mukaan (Pahl, Beiz, Feldhusen & Grote 2007, 495–496).

Modulaarisen tuotteen tyypit

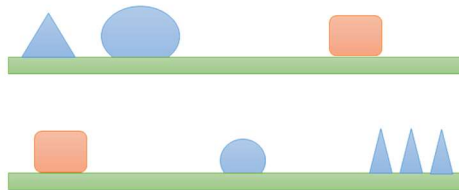
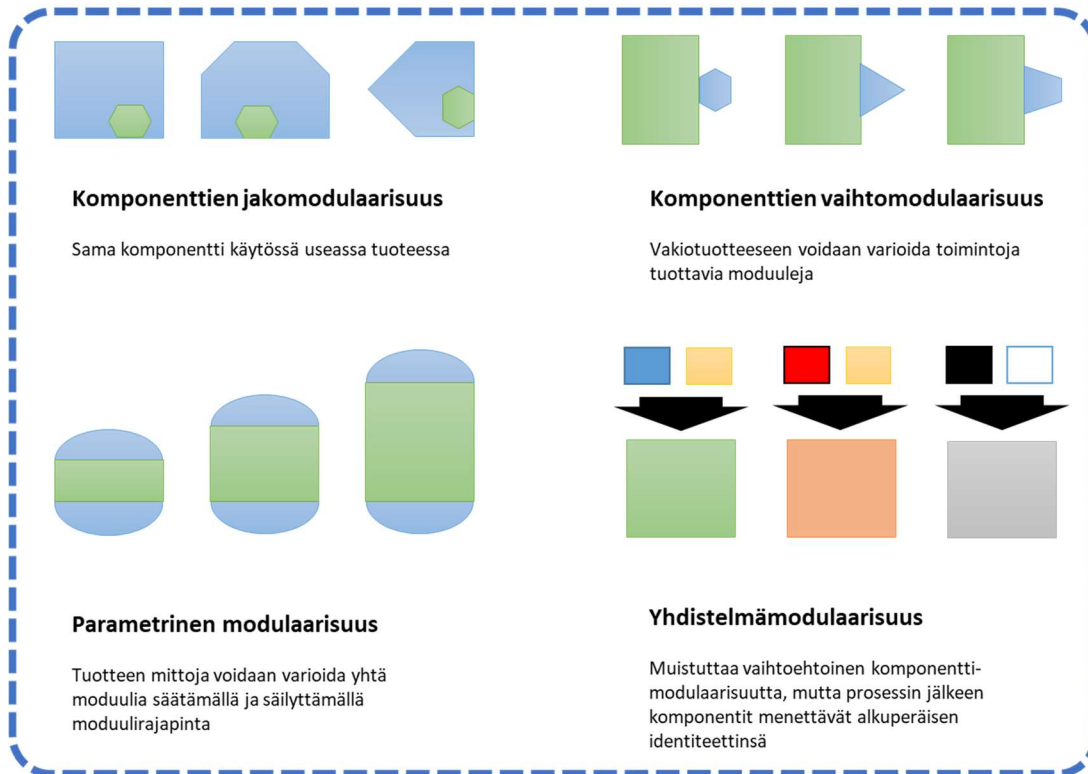
Ulrich., Eppinger ja Yang (2020) jakavat moduulituotteet kolmeen pääryhmään, jotka ovat väylä-, lohko- ja paikkamodulaarisuus (ks. Taulukko 1 & Kuvio 4). Väylämodulaarisuudessa eri moduuleja voidaan liittää päätuotteen väylään ja niillä voidaan lisätä päätuotteen ominaisuuksia. Tuotteessa on vakioitu moduulirajapinta, johon eri moduuleja voidaan kiinnittää. Lohkomodulaarisuudessa moduulit kiinnittyvät toisiinsa moduulirajapinnoissa. Erona väylämodulaarisuuteen, moduulit muodostavat yhdessä kokonaisuuden ja tätä kutsutaan avoimeksi järjestelmäksi. Paikkamodulaarisuudet jaetaan neljään eri kokonaisuuteen, joissa moduulit kiinnittyvät määrätyn rajapintaan. Komponenttien jakomodulaarisuudessa useat tuotteet käyttävät sisällään samaa komponenttimoduulia ja tuotteeseen suunnitellaan sen vastaanottava rajapinta. Komponenttien vaihtomodulaari-

suus mahdollistaa tuotteen komponentin valitsemisen tai vaihtamisen. Erona jakomodulaarisuuteen, päätuotteeseen vaihdetaan moduuleja. Parametrinen modulaarisuus mahdollistaa usean standardikomponentin käyttämistä samassa tuotteessa, jossa on ainakin yksi parametrisesti muokattava moduuli. Se mahdollistaa esimerkiksi tuotteen pituuden muokkaamisen yhdellä adaptiivisella moduulilla. Yhdistelmämodulaarisuudessa yhdistellään edellä mainittuja paikkamoduulien muotoja. (Mst, 192–193.)

Taulukko 1. Modulaarisen järjestelmän eri tyyppiä (Österholm & Tuokko 2001, 10)

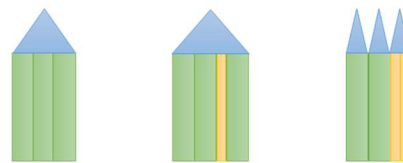
Suljettu järjestelmä	Komponenttien vaihtomodulaarisuus	Paikkamodulaarisuus
	Komponenttien jakomodulaarisuus	
	Parametrinen modulaarisuus	
	Väylämodulaarisuus	Väylämodulaarisuus
Avoin järjestelmä	Lohkomodulaarisuus	Lohkomodulaarisuus

Paikkamodulaarisuus



Väylämodulaarisuus

Mahdollistaa erilaisten moduulien lisäämisen vakioitun perusrakenteeseen



Lohkomodulaarisuus

Kuten vaihtoehtoinen komponentti-modulaarisuus, mutta variointi saadaan kaikaan koostamalla tuote vakiomoduulesita

Kuvio 5. Modulaarisuuden tyypit (Österholm & Tuokko 2001, 11 muokattu)

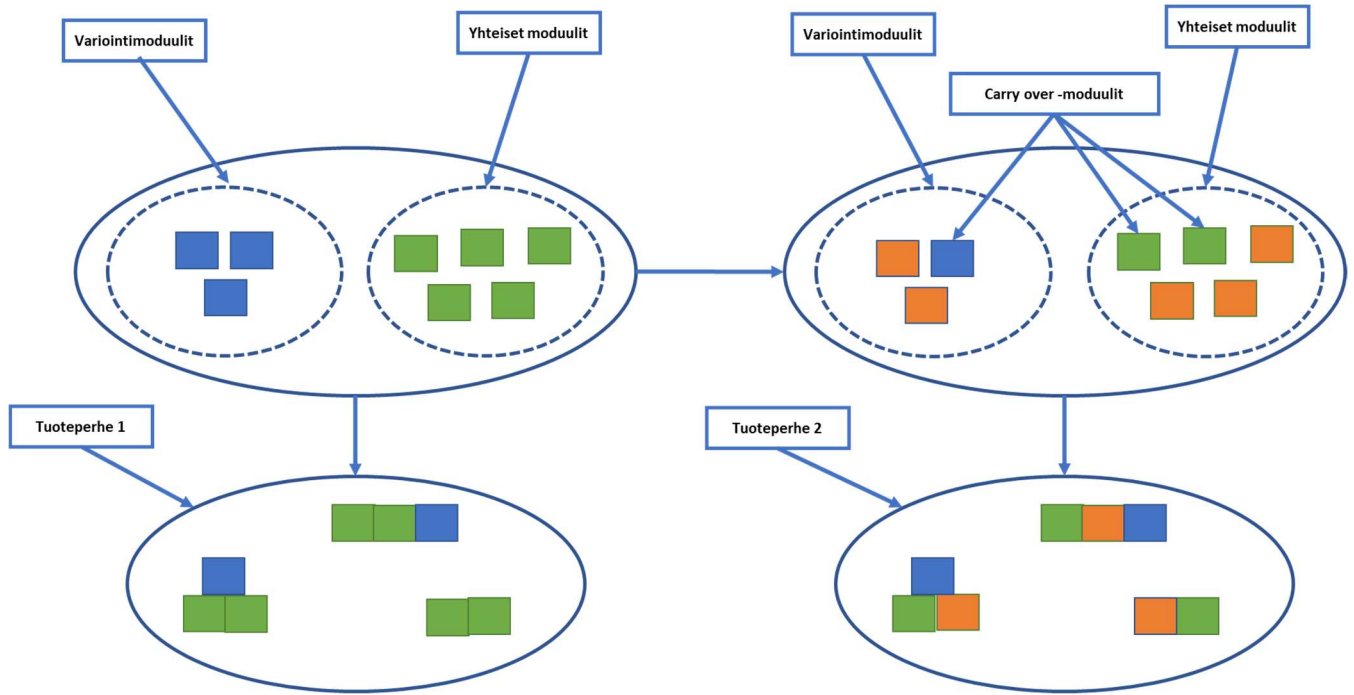
Toimintomoduulit

Moduulit voidaan myös jakaa toimintoihin kuten Pahl ja muut (2007) jakavat ne. Ensimmäisenä tyyppinä he luokittelevat perustoiminnon, jonka ympärille muut toiminnot rakentuvat. Perustoimintoa suorittava moduuli ei yleensä ole kovin muunneltava ja toimii tuotteen päämoduulina.

Seuraavana luokkana on lisä- tai avustavamoduuli. Lisämoduuleilla tuetaan päämoduulin toimintaa ja avustavamoduuli helpottaa moduulien liittämistä. Molemmat moduulit ovat oleellisia päämoduulin toiminnassa. Erikoismoduulit suorittavat yhtä tiettyä toimintoa ja antavat lisäarvoa tuotteen toimintaan erikoistapauksissa. Nämä moduulit eivät ole oleellisia tuotteen toimintaan ja ne liitetään tuotteeseen vain erikoistapauksissa. Adaptiivisilla moduuleilla pyritään saamaan tuotteelle liitettävyyttä esimerkiksi muihin järjestelmiin. Näitä moduuleja ei suunnitella yhteen muottiin, vaan ne saattavat olla muuttuvia komponentteja. Niissä säilytetään moduulirajapinnat ja sisäisiä ominaisuuksia muutetaan tarpeen mukaan. Adaptiiviset moduulit voivat olla pakollisia- tai lisämoduuleja. Viimeisenä luokkana on asiakaskeskeiset moduulit. Nämä eivät varsinaisesti kuulu moduulirakenteeseen ja tekevät siitä sekajärjestelmän. Ne liitetään tuotteeseen olemassa olevalla moduulirajapinnalla, joiden toiminnot on räätälöity asiakkaan vaatimusten mukaan. (Mts, 496–497.)

Tuoteperheen modulointi

Moduloitava tuoteperhe koostuu Staken (1998) mukaan yhdistelmästä yhteisiä moduuleja ja variointimoduuleja (Österholm & Tuokko 2001, 11–12). Tuotteet voivat koostua pelkästään yhteismoduuleista tai kaikkien näiden yhdistelmästä kuten kuviosta 6 voi havaita. Keskeinen ajatus tuoteperheen moduloinnissa on tuotealustan luominen ja sen uudelleen käyttäminen ajan saatossa. Uuden tuoteperheen suunnittelussa ja käyttöönotossa voidaan tuoda vanhasta tuoteperheestä moduuleja uusien rinnalle ja säilyttää aikaisempia ominaisuuksia yhdistämällä ne moduulirajapintoihin. (Mts, 12–16.)



Kuvio 6. Carry-over – moduulit ja tuoteperheen elinkaari (Österholm & Tuokko 2011, 16)

4.6 Moduloinnin prosessi

Pahl ja muut (2007) tuovat esille moduloinnin systemaattisen prosessin samalla tavalla kuin Österholm ja Tuokko (2001), jota kutsutaan MFD-menetelmäksi, joka on näkyvillä kuviossa 7. Heidän menetelmänsä eroavat toisistaan vain termeissä ja esimerkkitapauksissa. Molemmat prosessit sisältävät viisi vaihetta ja noudattavat samaa periaatetta. Systemaattisessa moduloinnissa aloitetaan selvittämällä tuotteen asiakastarpeet. Tässä vaiheessa selvitetään tuotteen vaatimukset asiakkaan näkökulmasta tai markkinatiedoista. Tätä käytetään ohjenuorana, jolla saadaan määritettyä tuotteen vaatimukset ja luotua alustava vaatimuslista. Vaatimukset määritellään enemmistön mukaan tässä vaiheessa, jolloin saadaan määriteltyä tuotteen perusvaatimukset. Tämä selvitys luo vaatimukset perustuotteelle, johon myöhemmässä vaiheessa lisätään tarvittavia lisämoduulit. (Österholm & Tuokko 2001, 18–22; Pahl & muut 2007, 499–500.)

Seuraavassa vaiheessa tuotteeseen valitaan sen tekniset ominaisuudet. Näillä annetaan tuotteelle sen tarvitseman tekniset parametrit, jotka on johdettu yleisimmistä asiakastarpeista. Ne antavat perustuotteelle sen ominaisuudet ja rajaavat sen ominaisuudet. Tämän jälkeen tuotteelle tehdään

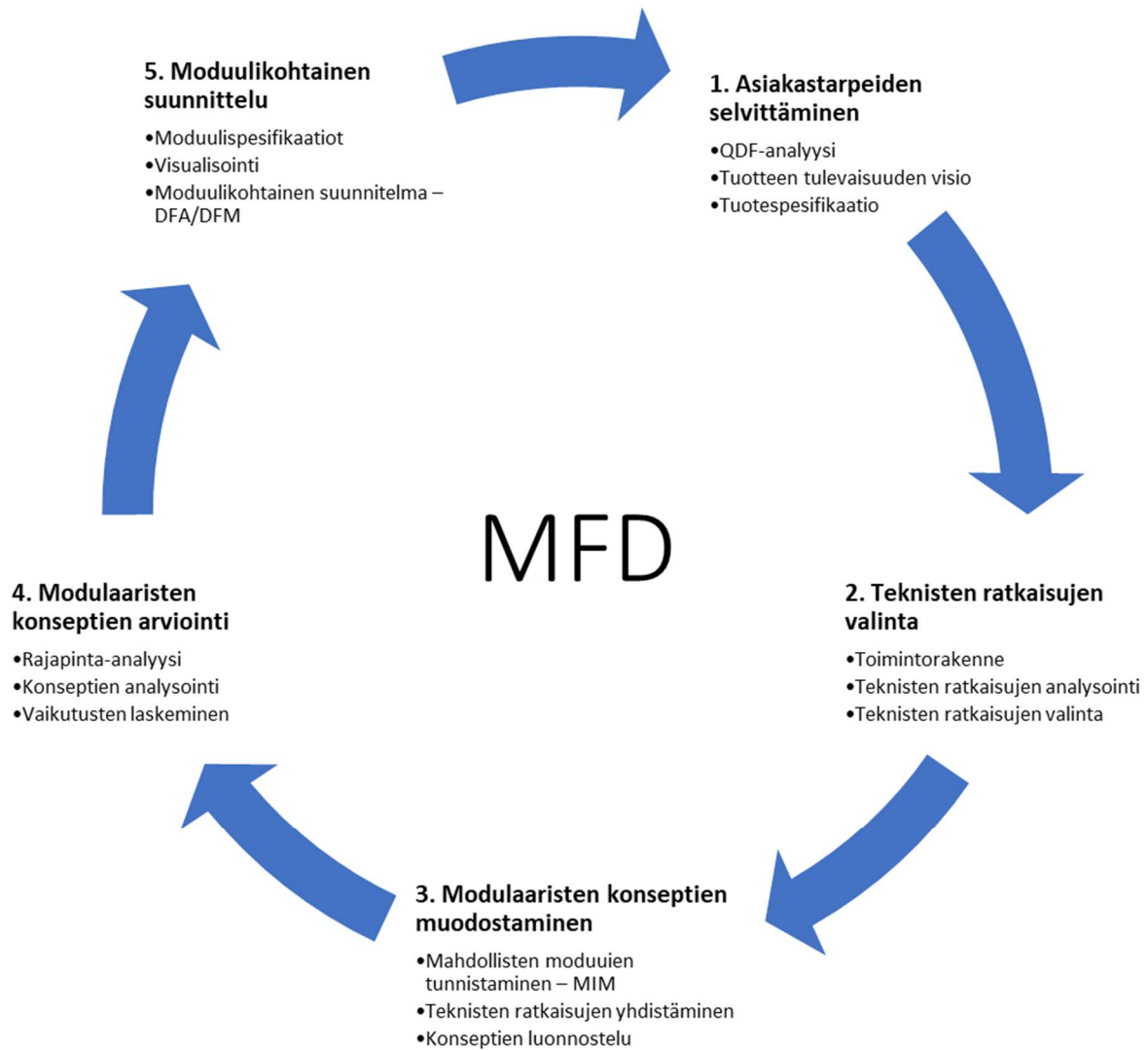
modulaarisuuden konseptit käyttäen hyväksi perustuotteen määritystä, johon lisätään ominaisuuksia asiakastarpeiden mukaisilla moduuleilla. Modulaarisuuden konsepteissa voidaan käyttää MIM-matriisia ja tapauksen mukaan konseptit muodostetaan matriisiin mukaan, kuten modulaarisessa rakenteessa määriteltiin. (Österholm & Tuokko 2001, 22–24; Pahl & muut 2007, 500–502). Tässä vaiheessa on myös hyvä suunnitella moduulien määrää. Moduulien optimaalinen lukumäärä liittyy asennusoperaatioiden lukumäärään. Tämä suhde voidaan laskea yhtälöllä 1 (Österholm & Tuokko 2001, 29).

$$\text{Moduulien ideaalinen lukumäärä} = \sqrt{\text{Asennusoperaatioiden määrä}} \quad (1)$$

Yhtälöllä voidaan arvioida tuotteen läpimenoaikaa ja se antaa käsityksen tuotemoduulien määrästä, joita tuotteeseen kannattaa suunnitella. Lukuarvo on suuntaa antava ja ei ota huomioon erikoistapauksia, jossa useammalla moduulilla saavutetaan huomattavaa taloudellista hyötyä.

Edeltävän vaiheen moduulien konseptit arvioidaan samalla tavalla kuin Pahl ja muut (2007) kirjoittavat systemaattisessa suunnitteluprosessissa. Näistä valitaan lupaavimmat ja eniten vaatimuksia täyttävät konseptit, jotka työstetään seuraavassa vaiheessa tuotteistukseen. Tässä vaiheessa voidaan palata prosessissa takaisin, jos huomataan ongelmia tai mikään konsepteista ei täytä vaatimuksia tarpeeksi. Seuraava vaiheessa tehdään moduulikohtainen suunnittelu, jossa edeltävässä vaiheessa rajatut moduulit saavat lopullisen muotonsa. (Österholm & Tuokko 2001, 29–39; Pahl & muut 2007, 504–507.)

Prosessi on vain vakiintunut systemaattinen kuvaus tuotteen suunnittelusta ja antaa pohjan sen suorittamiseen. Nämä vaiheet sopeutetaan toimimaan tuotteen suunnittelun pohjalle tapauskohtaisesti ja prosessilla pyritään hallitsemaan monimutkainen suunnittelun tapahtuma. Pahl ja muut (2007) mainitsevat yhtenä prosessin kohtana dokumentoinnin, joka on tärkeä osuus modulaarisen tuotteen valmistuksessa. Mutta varsinaisessa projektissa tulee dokumentoida koko suunnitteluajan tapahtuvat tulokset, jolloin vältytään ylimääräiseltä työltä tulevaisuudessa. Dokumentoinnilla voidaan myös tarkoittaa lopullisen tuotteen dokumentointia, jolloin Österholm ja Tuokko (2011) ovat jättäneet vaiheen mainitsematta, koska tuotteen dokumentointi on vakiintunut tapa. Kuvio 5 esittää MFD prosessin vaiheet ja niihin liittyvät toimenpiteet.



Kuvio 7. Modular Function Deployment - menetelmän vaiheet (Österholm & Tuokko 2011, 18)

4.7 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus suoritetaan pääasiallisesti yrityksen tuotteeseen, palveluun ja prosesseihin. Tutkimuksella pyritään jatkuvasti parantamaan edellä mainittuja kohtia. Kehittämistutkimus ei ole yksi tutkimusmenetelmä vaan sekoitus eri tutkimusmenetelmiä. Tutkimusmenetelmät valitaan tutkittavan ongelman laadun mukaisesti. Näitä tutkimusmenetelmiä kutsutaan yhdistelmä-tutkimuksiksi. Tutkimuksesta laaditaan tutkimusstrategia tai tutkimusote, jossa määritetään mitä ja miten tutkimusmenetelmiä käytetään ongelman ratkaisuun. (Kananen 2015, 33–34.)

Kehittämistutkimus suoritetaan syklimäisesti ja se tähtää aina muutokseen yrityksen toimintatavassa oli kyseessä palvelu tai tuote. Kehittämistutkimuksen syklin vaiheet ovat suunnittelu, toiminta, havainnointi ja seuranta. Tätä sykliä voidaan toistaa niin kauan kuin se on tarpeellista. Suunnitteluvaiheessa ongelmaa havainnoidaan mahdollisimman tarkasti, että saadaan luotua mahdollisimman paikkansapitävät tutkimuskysymykset. Näiden kysymyksien avulla saadaan kerättyä mahdollisimman tarkasti ongelmaan liittyvät tiedot eri tutkimusmenetelmillä. Tutkimuksesta saaduista tiedoista muodostetaan johtopäätökset, joiden pohjalta suunnitellaan tarvittavat muutokset. Suunnittelun jälkeen siirrytään toimintavaiheeseen, jossa suunnitellut toimenpiteet pannaan täytäntöön. Riippuen ongelman laadusta ja sijainnista tämä voi olla hankala vaihe. Havainnointivaiheessa tarkistellaan muutoksen välittömiä vaikutuksia. Jos muutokset eivät aiheuttaneet välittömiä komplikaatioita voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen, joka on seuranta. Seuranta vaiheessa nimensä mukaisesti seurataan muutoksien vaikutuksia pitemmällä aikavälillä, jolloin saadaan luotettavampi käsitys vaikutuksista. Tämä on syklin viimeinen vaihe ja riippuen tutkimuksen tavoitteista, voidaan siirtyä seuraavaan kehittämissykliin. (Mts, 39–42.)

Laadullinen tutkimus

Laadullisessa tutkimuksessa tutkitaan ilmiötä havainnoinnin ja haastattelujen perusteella, kuten Kananen (2015, 34) kirjoittaa: Tutkimus vastaa kysymykseen: ”Mistä tässä on kyse?”. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimuskysymykset eivät voi olla tarkkoja, koska tutkittavaa ilmiötä ei tunneta. Tutkija kerää aineistoa teemahaastattelujen avulla, joiden pohjalta luodaan kuva tutkittavasta ilmiöstä. Ilmiön tarkentuessa tutkija muodostaa uusia tarkentavia kysymyksiä liittyen ilmiöön ja tekee lisää haastatteluja edellisten tuloksien pohjalta. Laadullisen tutkimuksen perimmäisenä tarkoituksena on saada yleinen ymmärrys ilmiöstä ja muodostaa sen pohjalta ilmiöön liittyvä teoria. (Kananen 2015, 34–35.)

Havainnointi

Havainnointitutkimuksessa tutkija tekee havaintoja ennalta määritetyistä ilmiöistä ja muodostaa johtopäätöksiä niiden pohjalta. Havainnoinnissa on suurena vaarana tutkijan omat ennakkotiedot ja näkemys tutkimuskohteesta, jolloin havainnoinnista saadaan helposti haluttuja tutkimustuloksia. Tutkijan omat ennakkotiedot voivat myös piilottaa tutkitussa ilmiössä olevia kohtia, joita hän

pitää itsestään selvyyksinä. Kerättyä tutkimusainestoa pitää pystyä käsittelemään kriittisesti ja tarkastella kriittisesti. (Vilka 2006, 11–15)

Toimintatutkimukseen liittyy vahvasti toimintaympäristön hiljainen tieto. Tällä tiedolla tarkoitetaan tutkittavan ilmiön sisällä olevaa kulttuurista tietoa, joka ei suoraan ole näkyvissä. Tätä pyritään saamaan esille tekemällä haastatteluja. Tämän tiedon hankintaa kuvataan yleensä vaikeasti saatavaksi, sillä tutkimus tapahtuu ulkopuolisen henkilön näkökulmasta. Tietoa saadaan hankittua parhaiten vuorovaikutuksen kautta ja vaatii tutkijalta kykyä asettua haastateltavan asemaan. Menotodit eivät pysty tuottamaan aina täysin oikeaa tulosta, vaan tarvitsevat myös oikean tavan tulkitaa saatua tutkimustietoa. (Mst. 32–36)

5 Tutkimustulokset

Haastattelujen tulokset

Tutkimuksessa haastateltiin tuotekehityksen, tuotannon ja markkinoinnin toimihenkilöitä. Haastatteluilla pyrittiin saamaan näkemystä moduulituotteen vaikutuksista heidän edustamille sidosryhmille. Teemahaastattelut suoritettiin haastattelusuunnitelman mukaisesti (ks. Liite 1.). Vastaukset luokiteltiin otsikoilla, joiden kautta pystyttiin muuntamaan helpommin käsiteltäviä tuloksia. Otsikoinnilla kartoitettiin kysymyksiin tulleiden vastauksien tyyppejä ja määrää. Vastauksista muodostui kolme pääotsikkoa, jotka näkyvät Taulukossa 2. Resurssihin määriteltiin kaikki käytettyyn aikaan ja materiaaleihin liittyneet vastaukset. Kuluttaja otsikon alla on kaikki asiakkaaseen vaikuttavat vastaukset ja moduulin alle kaikki missä nähtiin modulaarisuus mahdollisuutena.

Taulukko 2. Vastaukset otsikkoina ja määrinä

	Resurssit	Kuluttaja	Moduuli	Yht
Teema1	19	0	0	19
Teema2	2	3	1	6
Teema3	3	3	9	15
Teema4	6	0	3	9
Teema5	3	0	0	3
Teema6	2	0	0	2
Teema7	4	5	0	9
Yht	39	11	13	

Taulukko 2 näyttää mitä osuuksia haastateltavat arvostivat eniten modulaarisessa prosessissa.

Teema 1

Teemakysymyksellä kartoitettiin moduulisen tuotteen vaikutusta työkuormaan. Suurimpana hyötynä nähtiin ajan säättäminen, kuten taulukosta 1 voidaan lukea. Tuotteiden suunnittelu helpotuisi, jos tuotteen jokaista osuutta ei tarvitsisi suunnitella uudelleen. Suunnittelun läpimenoaika lyhenisi ja voitaisiin keskittyä tuotteiden ulkonäön hiomiseen. Tuotannon näkökulmasta modulaarisuus toisi huomattavia aikasäästöjä. Vakiintuneiden osien valmistus olisi nopeampaa ja tuotantovarmuus paranee. Tuotteiden läpimeno tuotannossa lyhenee huomattavasti, jos tuoteperheiden tuotteissa on vain muutama muuttuva mitta. Säästöjä saavutettaisiin myös paljon työntekijöiden kouluttamisessa ja laitteet voidaan valjastaa tuottamaan suurempia määriä yksittäistä tuotetta. Myynnissä nykyinen tuoteportfolio yksinkertaistuisi huomattavasti ja vähentäisi ajankäyttöä asiakasneuvotteluissa. Se vaikuttaisi myös projektien hallittavuuteen positiivisesti. Tulokset kertovat toimeksiantajan tiimien ajankäytön arvostuksesta, ja henkilömäärän ollessa pieni se korostui resurssien vastauksina resurssien säästöissä.

Teema 2, 3 ja 4

Toinen kysymys pyrki saamaan vastauksia nykyiseen suunnittelun ja modulaarisen suunnittelun ajoittamisesta prosessin. Tähän kysymykseen ei saatu selkeää vastausta, joka peilaa nykyisen prosessin heikkoon dokumentointiin. Konseptitasolla on jonkinlainen arvaus ja kokemus mihin tuotteita myydään, mutta tuoteperhettä haluttaisiin myös konfiguroida tuotteen elinkaaren aikana.

Kolmas ja neljäs kysymys painottui tekniselle puolelle ja halusi saada vastauksia konfiguraatioiden määrästä ja adaptiivisen moduulin sijainnista. Konfiguraatioita haluttaisiin myynnin näkökulmasta rajattomasti, jolloin voidaan sovittaa tuote täydellisesti asiakkaan kohteeseen. Tuotannon näkökulmasta konfiguraatiot hidastavat tuotantoa, muttaärkevin välien vaihtuvat mitat eivät ole ongelma, jos ne sijoittuvat tiettyihin moduuleihin. Konfiguraatioiden määrää on myös vaikea määrittää ilman ymmärrystä tuotteen markkina-alueesta ja asiakastarpeiden selvittämistä. Ulkomittojen konfigurointi nähtiin tärkeimpänä yksittäisenä kohtana.

Teema 5 ja 6

Moduulien periytyminen ja vaihdettavuus tuotteiden välillä nähtiin hyvänä, ellei jopa pakollisena osana toimeksiantajan tuotteita. Moduulirajapintoja haluttiin tuoteperheisiin ja niiden periytyminen auttaisi suunnittelua ja tuotantoa vakioimaan prosesseja. Saadut vastaukset näihin kysymyksiin luokiteltiin resurssien säästöiksi.

Teema 7

Viimeinen kysymys oli laadittu liittymään konkreettisesti tuotteen suunnitteluun. Kysymys liittyi suoraan tuotteen lopulliseen muotoon ja asiakkaalle toimitettavaan kokonaisuuteen. Tuote haluttiin toimittaa mahdollisimman edullisesti asiakkaalle ja tuotteen moduulien pitäisi olla mahdollisimman helposti kasattavia. Siihen myös vaikuttaa myös markkina-alue, johon tuote on myyty. Tämä kysymys ei varsinaisesti enää sopinut opinnäytetyön rajaukseen, mutta tulokset ovat käyttökelpoisia toimeksiantajalle uusissa projekteissa.

6 Johtopäätökset

6.1 Tuotekehitysprosessi

Modulaarisen tuotteen suunnittelun pohjana toimi järjestelmällinen tuotekehitysprosessi. Sen suunnittelu vaati ymmärrystä asiakkaan tarvitsemista ominaisuuksista, jotka muodostavat tuotekonseptien pohjana toimivan vaatimuslistan. Tuotteiden vaatimukset tulisi määrittää projektin alussa sidosryhmien kanssa. Jokainen sidosryhmä antaa oman panoksensa ja vaatimuksensa projektin aluksi, jolloin saadaan tuotteen suunnittelupohjaksi mahdollisimman todellisuutta vastaavat vaatimukset. Vaatimuslistaan kirjataan myös asiakkaan tarvitsema konfiguroitavuus, esimerkiksi tuotteen ulkomittojen muunneltavuus. Näiden määritelmien kautta voidaan luoda

tuotteeseen eri moduulit ja muodostaa moduulien toiminnot. Kuviossa 7 on esitetty yksi tapa systemaattisesta tuotekehitysprojektista, jossa on havainnollistettu myös moduulien määrittäminen ja moduulirakenteen tuominen tuotteeseen.

Tuotekehitysmenetelmiä on myös muita ja toimeksiantaja tulisi käydä vaihtoehdot läpi ja muokata joku näistä itselleen sopivaksi. Prosesseja voi myös kokeilla pienessä mittakaavassa ja arvioida näiden pohjalta sopivin ja tehdä tarvittavat muutokset, jolloin säästetään aikaa myös prosessin harjoittelussa. Prosessin aikainen dokumentointi on myös tärkeää alusta alkaen, koska sidosryhmät eivät ole yleensä koko prosessin ajan läsnä. Dokumentit auttavat arvioinnissa ja myös mahdollistavat prosessin parantamisen tulevaisuudessa. Ilman niitä tuotekehitys on vain sarja tuntemattomia tapahtumia. Se myös auttaa seuraavien tuotteiden kehittämistä, nopeuttamalla, selkeyttämällä ja standardisoimalla sidosryhmien toimintaa. Resurssien vähäinen määrä tuli esille haastatteluissa ja niiden säästö nähtiin suurimpana hyötynä modulaarisessa tuotteessa (ks. Taulukko 2). Vakioidulla prosessilla pystytään hallitsemaan ja koordinoimaan resursseja tehokkaammin, jolloin säästytään mahdollisimman monelta ongelma tilanteelta, johon kuluu ylimääräisiä resursseja. Tietenkään kaikkia ongelmia ei voida välttää ja vaatimuslistaan kuuluukin tulla muutoksia kehitysprosessin aikana.

6.2 Modulointi

Tutkimuksen aikaisissa tuotteissa oli jo modulaarisen rakenteen tyyppejä käytössä, kuten leikkaus-, palapeli- ja vaihtokomponenttimoduulisuuutta (ks. Kuvio 5). Näitä moduulityyppejä kannattaa jatkossakin hyödyntää toimeksiantajan tuotteissa. Tuotteisiin oli jo tuotu potentiaalisia moduulirajapintoja, mutta niiden tuotekehitys on ollut nopeaa ja dokumentointi vaihtelevaa. Rajapintojen vaihtointi ja niiden perinnöllisyys tuoteperheiden välillä nopeuttaa tuoteperheiden suunnittelua ja valmistusta. Näitä toivottiinkin haastattelujen pohjalta saaduissa tuloksissa. Modulointi tarvitsee myös kaikkien sidosryhmien sitoutumista tuotemääritykseen, jolloin ryhmät määrittävät moduulirungon ja moduulien vaatimukset.

Modulaarinen rakenne myös rajoittaisi suurta määrää tuotevariaatioita ja yksinkertaisi tuotteiden myyntiä, markkinointia ja valmistusta. Niiden suunnitteluun joudutaan käyttämään enemmän aikaa, mutta kokonaiskuvassa saavutettavat säästöt olisivat tuotteen elinkaaren aikana suuremmat. Moduulien valmistaminen olisi helpompaa suuremmassa volyymissa ja vakiintuneet tuotteet saadaan valmistettua varmemmin. Myös työntekijöiden kouluttaminen olisi helpompaa, jos tuotteiden mallit eivät vaihdu koko ajan. Markkinoinnissa tuotteet ovat yksinkertaisemmin myytävissä ja asiakkaat saavat yksinkertaisemman tuoteportfolion. Tätä johtopäätöstä tukee taulukossa 2 havaittava resurssien arvostus määrä.

Modulaarisuuden jalkauttaminen toimeksiantajalle vaatii myös sitoutumista suorittaa tuotekehitystä prosessimaisesti. Moduulien suunnittelussa pitää saada käyttää tarpeeksi aikaa ideointiin ja konseptien valmisteluun. Tuotetta tulisi katsoa kokonaisuutena ja arvioida eri ratkaisujen vaikutuksia toisiinsa. Konseptien muodostamisessa saavutetaan vielä suhteellisen pienellä resurssilla paljon parannuksia.

6.3 Prosessiehdotus

Tutkimustuloksien pohjalta toimeksiantajalle luotiin prosessi ehdotus. Prosessiehdotuksessa käytettiin hyväksi Ulrich & muiden (2020) yleistä tuotekehitysprojektikaaviota. Prosessista otettiin päävaiheet, joista avattiin suunnittelun näkökulmasta oleelliset kohdat. Koska toimeksiantajalla ei ollut dokumentoitua prosessia, päädyttiin käyttämään mahdollisimman yleistä prosessia. Valittuun prosessiin pystyttiin myös liittämään MFD-menetelmä loogisesti.

Tuoteidea vaiheessa pyritään löytämään asiakastarpeeseen sopiva ratkaisu arvioiden perusteella. Hyväksytyt ideat siirtyvät konseptointi vaiheeseen, jossa ideoita tarkistellaan tarkemmin ja saadaan parempi käsitys niiden toteuttamisesta. Konseptivaiheessa edeltävän vaiheen läpäisseet ideat otetaan tarkempaan tarkasteluun ja niistä luodaan tuotekonsepteja. Tuotekonseptit itsessään eivät ole vielä valmiita tuotteita, vaan tuotteen yleinen ulkoasu alkaa hahmottumaan. Konsepteista selvitetään myös niiden toteuttamiseen vaikuttavia tekijöitä. Konsepteista valitaan sopivin ratkaisu ja sitä lähdetään toteuttamaan tarkemmin. Tästä voidaan myös siirtyä MFD-prosessiin, jossa moduulit ja modulaarinen rakenne muodostetaan tuotteeseen. Kun tuotteen moduulit on suunniteltu, voidaan palata takaisin noudattamaan tuotekehitysprosessia.

7 Pohdinta

Tuotteiden modulointi oli mielenkiintoinen aihe tutkia ja siitä löytyi hyvin syvälle menevää matemaattista ja analyttistä moduulien määrittämisestä. Moduulituotteen suunnittelussa on annettava paljon määrittäviä tekijöitä moduuleille ja niiden tarjoamille toiminnoille. Näiden määrittäminen on kriittistä ennen tuotteen suunnitteluvaihetta, kuten kaikissa muissa suunnitteluprosesseissa. Tuotekonseptien luonti ja arviointi antaa myös mahdollisuuden tehdä usean tyyppisiä ratkaisuja ja haarukoida niistä paras vaihtoehto tulevalle tuotteelle.

Opinnäytetyön aiheen rajaaminen osoittautui myös haasteelliseksi. Lähtökohtana oli tuotteen modulointi. Tämä ei kuitenkaan ollut realistinen tavoite, koska tuotteelle olisi pitänyt suorittaa täydellinen arviointi ja muodostaa suunnitteluun tarvittavat dokumentoinnit. Työssä päädyttiin tekemään suppeampi katsaus suunnitteluprosessin tutkintaan ja kuinka moduulisuunnittelu tuodaan siihen mukaan. Tutkimus menetelmänä ollut kehittämistutkimus vaatisi seuraavaksi prosessiehdotuksen testaamista tuotekehitysprojektissa. Tämä ei onnistunut opinnäytetyön rajoitetun aikaresurssin takia. Toimeksiantajalla ei myöskään ollut sopivaa projektia alkamassa työn aikana. Tulevaisuutta ajatellen prosessiehdotusta täydennettäisiin toimeksiantajan saamien testauksien toimesta ja luotaisiin prosessin dokumentointi suunnitelma. Samalla prosessia voidaan arvioida ja viedä sitä toimeksiantajan parhaaksi näkemään suuntaan.

Aineiston kääntäminen englannista loi myös haasteita ammattitermien ja määritelmien muodossa. Termien kääntäminen suomeksi on tutkijan omaa käännöstä ja voi sisältää virheitä, vaikka tutkija oli perehtynyt tekniikan ammattisanastoon. Usean eri lähteen käyttäminen aiheutti ongelmia, koska lähteet määrittivät termejä eri tavalla. Käsitelmäärittelyssä avattiin termit työn näkökulmasta, jolloin ne saatiin yhtenäiseksi tutkimuksen sisällä. Työssä esiintyi paljon lainatermejä englannin kielestä, joiden suomentaminen osoittautui hankalaksi.

Haastatteluissa pyrittiin saamaan mahdollisimman kattavasti tietoa toimeksiantajan tarpeesta tuoda modulaarisuutta tuotteisiin, ja pyrittiin selvittämään jokaisen sidosryhmän tarpeet suunnittelu prosessin aikana. Sidosryhmät olivat pieniä ja haastattelujen lopullinen määrä oli kuusi. Tämä hankaloitti tietojen käsittelyä määrällisesti ja antoi vain yhden henkilön näkökulman osastoltaan. Haastatteluissa saatiin paljon tärkeitä huomioita, jotka eivät liittyneet varsinaisesti kysymyksiin, vaan yleisiin toimintatapoihin. Itsessään haastattelukysymykset olisi voitu muodostaa paremmin,

sillä jotkut kysymykset tuottivat paljon vastauksia myös asian vierestä ja osaan kysymyksistä oli vaikea vastata. Nämä vaikuttivat suoraan tutkimuksen luotettavuuteen ja vastauksista täytyi suodattaa tutkimusongelmaan liittymättömät vastaukset. Loppupuolen kysymykset olivat teknisesti painotettuja ja pyrkivät saamaan ratkaisuja tuotetasolla. Tämä osuus jäi rajauksessa pois aikataulun vuoksi ja tutkimus keskittyi tuotekehitysprosessiin.

Systemaattisten prosessien puuttuminen tekee modulaarisen tuotteen suunnittelusta erittäin hankalaa. Kaikki sidosryhmät tulisi saada projektin alussa määrittämään tuotteen vaatimukset ja luomaan yhteinen suunta, johon tuotetta lähdetään suunnittelemaan. Jos jokainen ryhmä toimii irrallaan, tuotteiden iteraatiot ovat vain yhden näkemyksen mukaisia. Iteraatioita yhdistelemällä saadaan luotua monipuolinen tuote, mutta suunnittelu hidastuu huomattavasti. Näistä myös katoaa mahdolliset yhteiset ratkaisut. Projektin oikeanlainen dokumentointi auttaa myös sidosryhmiä pysymään valitussa suunnassa prosessin aikana ja jos projektiin tarvitsee lisähenkilöitä, saadaan prosessin aikana tulokset paremmin siirrettyä. Prosessi ei saa tukahduttaa uusia ideoita, joita saattaa esiintyä sen aikana. Uusia ideoita voidaan iteroida vanhojen kanssa ja arvioida niiden soveltuvuus tuotteeseen. Dokumentointi tekee mahdollisuuden palata vanhoihin ideoihin ja nähdä, miksi ne on hylätty tai jätetty toteuttamatta. Luotu prosessikaavio itsessään ei ole kovin ihmeellinen ja se muodostettiin yhdistämällä kaksi olemassa olevaa menetelmää. Tarkoituksena oli luoda helposti käyttöön otettava prosessi. Prosessia pitäisi myös voida arvioida projektin aikana, jolloin pystytään parantamaan ja räätälöimään prosessikaaviota toimeksiantajan tarpeisiin.

Lähteet

Harvia Oyj vuosikertomus. 2021. Harvia Groupin vuosikertomus 2021. Viitattu 30.10.2022. <https://harviagroup.com/fi/sijoittajat/raportit-ja-esitykset/>

Harvian tarina. N.d. Harvia Groupin esittely Harviasta. Viitattu. 30.10.2022. <https://harviagroup.com/fi/tietoa-meista/harvian-tarina/>.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä: kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. Amartekno.

Missio ja visio. N.d. Harvia Group verkko artikkeli. Viitattu 30.10.2022. <https://harviagroup.com/fi/tietoa-meista/missio-ja-visio/>.

Pahl, G., Beiz, W., Feldhusen, J. & Grote K. H. 2007. Engineering Design: A systematic approach. 3. P. Lontoo: British library cataloguing in publication data.

Tutustu brändeihimme. N.d. Harvia Groupin brändiesittelyt. Viitattu 30.10.2022. <https://harviagroup.com/fi/brandit/>.

Ulrich, K., Eppinger, S. & Yang, M. 2020. Product design and development. 7. P. New York: McGraw-Hill Education.

Vilkkä, H. 2006. Tutki ja havainnoi. Helsinki: Tammi.

Österholm, J., Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin = Modular function deployment. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto.

Liitteet

Liite 1. Haastattelu suunnitelma

Haastattelu suunnitelma	
Suunnitelma	
Tutkimuskysymys/-kysymykset	<ul style="list-style-type: none"> •Mitä modulaarisuuksia tuotteeseen tarvitaan? •Miten tuotteet jatkossa modularisoidaan? •Voidaanko olemassa olevia moduuleja hyödyntää jatkossa? •Mitä etuja moduuleista saadaan?
Mitä aineistoa/ tietoa tarvitaan tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi	Systemaattisen tuotekehityksen teoria, haastattelut sidosryhmiin kuuluvilta.
Ketä haastatellaan	Haastateltavat valittiin tuotekehityksen sidosryhmistä .
Perehdy haastattelun eettisiin kysymyksiin	Haastatteluissa ei kerätty henkilötietoja ja ei julkaista sidosryhmään kuuluvuutta.
Protokollan suunnittelu	
Mitä kerrotaan haastattelun aikana	Haastatteluissa kysytään tutkimuskysymyksistä johdettuja kysymyksiä.
Mitä kerrotaan tutkimuksen tarkoituksesta ja luottamuksellisuudesta?	Haastateltavalle kerrotaan opinnäytetyön tarkoitus ja kerrotaan moduloitavan tuotteen tyyppi. Hänelle kerrotaan tuotteen siirtämistä projektimaisuudesta moduulimaisemmaksi.
Mitä aineistonkeruuvälineitä käytetään?	Tutkija kerää haastattelujen pääkohdat excel-taulukko pohjaan ja haastattelut suoritetaan MS Teamsin välityksellä.
Tutkimuksen toteutus	
Yhteyden otto	Tutkija ottaa yhteyttä haastateltavaan sähköpostitse, jossa pohjustetaan haastattelun tarkoitusta ja kysytään sopiva ajankohta. Tutkija luo haastattelukutsun MS Teamssiin.
Varmista teknisten välineiden käyttö	Tutkijalla on valmiina puhdas haastattelupohja haastattelun aluksi ja varmistaa omastapuolestaan teknisten laitteiden toiminnan.
Haastattelutilanne	Tutkia aloittaa kokouksen muutamaa minuttia aikaisemmin, jotta haastateltava ei joudu odottamaan pääsyä haastatteluun. Haastateltavalle esitetään haastattelun tarkoitus, tulosten käsittely ja luottamuksellisuus.
Haastattelutilanne	Haastateltavalta kysytään teemakysymykset ja tutkia kirjoittaa vastauksien tiivistelmät haastattelulomakkeeseen.
Tilaisuuden lopettaminen	Kiittäminen tutkimukseen osallistumisesta.
Jälkihoito	Litteroidut haastattelut toimitetaan tutkittavalle ja johtopäätökset ovat saatavissa toimeksiantajalle.
Tulosten hyväksyttäminen	Tarkistetaan tuloksien luotettavuus

Liite 2. Teemahaastattelun runko

Teemahaastattelun runko	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	Systemaattinen tuotekehitys ja modulaarisen tuotteen suunnittelu, Harvia Finland Oy
Haastattelija	
Ajankohta	
Haastattelun kesto	
Haastateltava henkilö	
Asema: työtehtävät, toimivalta	
Teemat	
Teema 1	Missä osa-alueella tuotteen modulaarisuus helpottaa työtäsi?
Teema 2	Mielestäsi miten modulaarisuus tuodaan tuoteperheen konseptiin?
Teema 3	Missä kohdassa tuotteessa tarvitaan konfigurointia?
Teema 4	Mikä on mielikuvasi konfiguraatioiden määrästä?
Teema 5	Voidaanko tuoteperheiden välillä käyttää samoja moduuleja?
Teema 6	Voidaanko luoda moduulirajapintoja, joita käytetään pidempään kuin yksi
Teema 7	Onko tuote asiakkaan kasattavissa, vai kasaako tuotteen valtuutettu

Liite 3. Prosessikaavio (salassa pidettävä)