

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Engineering Science
Tuotantotalous

Ville Eronen

**KONFIGURAATIO -OHJAUTUVAN TOIMINTATAVAN VAIKUTUS
PAPERIKONEKOMONENTIN SUUNNITTELUPROSESSIIN**

Tarkastajat:

Dosentti TkT Juhani Ukko
Dosentti TkT Minna Saunila

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Ville Eronen	
Työn nimi: Konfiguraatio -ohjautuvan toimintatavan vaikutus paperikonekomponentin suunnitteluprosessiin	
Vuosi:2019	Paikka: Jyväskylä
Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT, Tuotantotalous. 152 sivua, 55 kuvaa ja 0 liitettä Tarkastajat: dosentti TkT Juhani Ukko ja dosentti TkT Minna Saunila	
Hakusanat: CtO, tuoterakenne, suunnittelu, CAD, konfigurointi Keywords: CtO, product breakdown structure, engineering, CAD, configuration	
<p>Kartonki- ja paperikonemarkkinat ovat muuttuneet rajusti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Aikaisemmat maailman leveimmät, nopeimmat ja tehokkaammat koneet ovat vaihtuneet markkinoilla kapeampiin ja tuotannollisesti alhaisempiin koneisiin. Markkinoiden muutos on johtanut asiakasräätälöityyn projektitoimitukseen perustuvan liiketoimintamallin kyseenalaistamiseen ja vaihtoehtoisten ratkaisujen selvittämiseen.</p> <p>Tapaustutkimuksen tavoitteena on kehittää paperikonekomponentin konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne ja sitä tukeva suunnitteluprosessi sekä peilata kehitettyjä ratkaisuja kirjallisuudessa esitettyihin ratkaisuihin. Tutkimuksen esitietojen keräys toteutettiin sähköisen kyselyn avulla hyödyntäen liiketoimintaprosessin laadun viitemallia.</p> <p>Tutkimuksessa kehitettiin adaptiivinen geneerinen konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne ja sitä tukeva suunnitteluprosessi sekä suunnittelun työohje. Tutkimuksen tuloksia arvioitiin suunnittelun automaation kypsyysmallin avulla. Tutkimuksessa kehitetyt suunnittelun automaation ratkaisut mahdollistivat suunnittelun automaation kehittymisen tarjoustoiminnan automaatiosta myynti -ja toimitusprosessin automaatioon.</p>	

ABSTRACT

Author: Ville Eronen

Title: Impact of configuration -driven operation to the engineering process of the board and paper machine component

Year: 2019

Place: Jyväskylä

Master's Thesis. LUT University, Industrial Engineering and Management.

152 pages, 55 figures ja 0 appendix

Supervisors: Docent. D.Sc (Tech) Juhani Ukko and decent, D.Sc (Tech) Minna Saunila

Keywords: CtO, product breakdown structure, engineering, CAD, configuration

Hakusanat: CtO, tuoterakenne, suunnittelu, CAD, konfigurointi

The board and paper machine markets have changed dramatically over the last ten years. Previous, the widest, fastest and the most efficient machines have been replaced by narrower and lower production machines. Market change has led to the questioning of a use of tailored Engineer-to-Order business model for project delivery and the exploration of alternative solutions.

The objective of this case study is to develop a configuration guided product structure and the supportive design process for the paper machine component, and to reflect developed solutions to scientific sources. The survey pre-data collection was carried out through an electronic survey using the Business Process Quality Reference Model.

The research will develop an adaptive generic configuration -guided product structure with an engineering process including also engineering SOP. Evaluation of research results was carried out by using maturity model of design automation. The research is developing design automation solutions from sales automation to the closer of sales and delivery process automation.

ALKUSANAT

Tämän tutkimuksen vaatima taustatyö on alkanut jo vuonna 2014. Tutkimuksen alkuvaiheessa konfigurointi -ja modulointi olivat pääasiallinen ansiotyöni muutaman vuoden ajan. Ammatillinen kiinnostukseni aiheeseen johti tutkimuksen rajauksen haasteeseen, mutta kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta en olisi voinut juuri mitään jättää pois.

Tutkimuksen teko on vaatinut paljon aikaa ja kiitos siitä kuuluu monelle. Erityisen suuri kiitos kuuluu perheelleni pitkään jatkuneiden opintojen tukemisesta ja etenkin tämän tutkimuksen vaatiman ajan rauhoittamisesta. Ilman heidän tukeaan tämä ei olisi ollut mahdollista.

Iso kiitos kuuluu myös työnantajalleni Valmet Oy:lle opintojen yleisestä tukemisesta sekä tämän tutkimuksen aiheen mahdollistamisesta. Lisäksi useat opintoihini liittyvät harjoitustyöt ovat mahdollistaneet syvemmän tutustumisen yritykseen. Nykypäivänä vastaavanlainen tukeminen on hyvin harvinaista.

Kiitos kuuluu myös yliopiston puolelta professori Tuomo Uotilalle (TkT) ja dosentti Juhani Ukolle (TkT) opintojeni pitkittymisestä aiheutuneiden erikoisjärjestelyjen mahdollistamisesta.

Viimeisimpänä, mutta ei vähäisimpänä haluan kiittää Jesse Kivistä arvokkaasta tuoterakenteen mallinnusavusta ja ratkaisuvaihtoehtojen ideoimisesta.

Kokonaisuutena töiden ohella opiskelu on ollut raskasta, opettavaista ja monin tavoin palkitsevaa ja voin tyytyväisenä todeta urakan olevan valmis.

Jyväskylässä 6.12.2019

Ville Petteri Eronen

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	9
1.1	Työn tausta.....	12
1.2	Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset	15
1.3	Tutkimuksen toteutus ja tutkimusotteen valinta.....	17
1.4	Raportin rakenne.....	17
2	Liiketoimintaprosessin ja tietojärjestelmän linjaaminen	19
2.1	Liiketoimintaprosessin mallintaminen ja kehittäminen.....	19
2.1.1	Liiketoimintaprosessin suunnittelu ja kehittäminen	21
2.2	Tietojärjestelmät.....	21
2.2.1	Konfiguraattori	23
2.2.2	Suunnittelujärjestelmät	26
2.3	BPQRM-viitemalli	27
2.3.1	Aktiviteetin ominaisuudet	29
2.3.2	Resurssien ominaisuudet.....	31
2.3.3	Tieto-objektien ominaisuudet.....	32
2.3.4	Toimijan ominaisuudet	34
2.3.5	BPQRM-viitemallin hyödyntäminen prosessin laadun parantamisessa	34
2.4	Yhteenveto: Liiketoimintaprosessi ja tietojärjestelmät.....	39
3	Tuotekonfigurointi	41
3.1	Myyntikonfigurointi	41
3.2	Tuotantokonfigurointi	41

3.3	Dokumenttien ja muiden tiedostojen konfigurointi.....	42
3.4	Yhteenveto: Tuotekonfigurointi	42
4	Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu	45
4.1	Tuoteperheen spesifikaation määrittäminen	46
4.1.1	Modulaarinen tuoteperhe	47
4.1.2	Tuoteparametrien määrittäminen.....	48
4.2	Tuotearkkitehtuurin määrittäminen.....	49
4.3	Tuotteen räätälöinnin aste.....	50
4.4	Tuotteen modulointi ja alikokoonpanojen määrittäminen	51
4.4.1	Modulointiin vaikuttavat tekijät (module drivers).....	52
4.4.2	Modulaarisuuden edut ja haitat	53
4.5	Komponenttien valintasääntöjen määrittäminen	54
4.6	Konfigurointimallit	56
4.7	Yhteenveto: Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu	57
5	Tuotemallit ja tuoterakenteet	60
5.1	Tuoterakenteen määrittäminen.....	61
5.2	Tuoterakenteen nimikkeet.....	61
5.3	Suunnittelurakenne ja osaluettelot.....	63
5.3.1	Osaluettelot.....	63
5.3.2	Suunnittelurakenteen mallinnusperiaatteet	64
5.3.3	Modulaarinen tuoterakenne	66
5.4	Yhteenveto: Tuotemallit ja tuoterakenteet	68

6	Suunnittelun automaatio ja tiedon uudelleenkäyttö	70
6.1	Tietopohjainen suunnittelu (Knowledge Based Engineering)	72
6.1.1	Morfologinen menetelmä	72
6.1.2	Topologinen menetelmä.....	73
6.1.3	Adaptiivinen tuoterakenne	74
6.2	Tiedon uudelleenkäyttö	75
6.2.1	Tiedon uudelleenkäytön tarpeellisuus	76
6.2.2	Tiedon uudelleenkäytön tehokkuus	76
6.2.3	Tiedon uudelleenkäytön haasteet.....	76
6.3	Suunnittelun automaation kypsyyden arvioiminen	79
6.4	Yhteenveto: Suunnittelun automaatio ja tiedon uudelleenkäyttö	81
7	Tapaustutkimuksen kohde sekä tutkimuksen esitietojen kerääminen.....	84
7.1	Valmet Oy	84
7.2	Valmetin kenkäpuristimen telat	86
7.2.1	Puristinosa ja sen vaikutus lopputuotteeseen	86
7.2.2	Valmet SymZL Shoe Press Roll.....	87
7.3	BPQRM-viitemallin hyödyntäminen tutkimuksen esitietojen keräämisessä	89
7.3.1	Sähköisen kyselyn toteuttaminen	90
7.3.2	Sähköisen kyselyn tulokset	92
8	Konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakenne.....	100
8.1	Valmet SymZL Shoe Press Roll tuotemäärittäminen.....	100
8.1.1	Tuotteen räätälöinnin aste	108

8.1.2	Tuotearkkitehtuurin ja alikokoonpanojen määrittäminen	110
8.2	Suunnittelujärjestelmissä olevat tuoterakenteen ilmentymät ja niiden ohjaaminen	113
8.3	Konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakenne ja suunnittelun automaatio	117
9	Konfiguraatio -ohjautuva projektisuunnitteluprosessi.....	129
9.1	Konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi	130
9.1.1	Suunnittelukonfigurointi	131
9.1.2	Suunnitteluvaihe	132
9.2	Konfiguraatio -ohjautuvan projektisuunnitteluprosessin mallintaminen	133
10	Johtopäätökset.....	136
10.1	Työn keskeiset tulokset	136
10.1.1	Valmet SymZL Shoe Press Roll-telan konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne	136
10.1.2	Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi	138
10.2	Tutkimuskysymykset	139
10.3	Tulosten arviointi.....	144
10.4	Jatkotoimenpiteet.....	145
11	Yhteenvedo	148
	Lähteet.....	150

KUVALUETTELO

Kuva 1 Modular Way Special Rolls visio	14
Kuva 2 Tutkimuksen rakenne	18
Kuva 3 Valmetin järjestelmäarkkitehtuuri konfigurointiin	26
Kuva 4 Valmetin käyttämät suunnittelujärjestelmät	27
Kuva 5 Liiketoimintaprosessin laadun viitemalli (Heinrich, 2014, s.30).....	28
Kuva 6 Kyselyn toteuttaminen (Heinrich 2014, s.37).....	35
Kuva 7 Modulaarinen järjestelmä, tuoteplatformi ja tuoteperhe (Österholm & Tuokko, 2001)	48
Kuva 8 Eri tuotemäärittelyprosessien tuotemäärittelyjen valmiusaste	51
Kuva 9 Laakeripesän valun moduuli varianttimääritys (MVS).....	55
Kuva 10 Akselin samankaltaisuutta ohjaava järjestelmäominaisuus matriisi (SPM)	56
Kuva 11 Tuotemallin eri ilmentymiä (Martio 2015, s.111)	60
Kuva 12 Malli suunnittelun automaation kypsyyden arvioimiseen (Willner et al. 2016, s. 65)	80
Kuva 13 Muokattu BPQRM-viitemalli suunnitteluprosessille	89
Kuva 14 Esimerkki sähköisen kyselyn toteutuksesta periaatekuvalla	91
Kuva 15 Sähköisen kyselyn edistyminen	92
Kuva 16 Suunnittelujärjestelmän tärkeimmät laadulliset tekijät	92
Kuva 17 Suunnitteluaktiviteetin tärkeimmät laadulliset tekijät.....	93
Kuva 18 Tuotemallien ja ohjeiden tärkeimmät laadulliset tekijät	94
Kuva 19 Suunnitteluaktiviteetin ja -järjestelmien yhteensopivuuden tärkeimmät laadulliset tekijät.....	94
Kuva 20 Suunnittelujärjestelmien käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät.....	95

Kuva 21 Suunnitteluaktiviteetin käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät	95
Kuva 22 Tuotemallien ja ohjeiden käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät	96
Kuva 23 Tärkeimmät laadulliset tekijät suunnitteluprosessin soveltuvuuden toimitusprojektiin	97
Kuva 24 BPQRM-viitemalli suunnitteluprosessin tärkeimmistä ominaisuuksista	98
Kuva 25 Valmet puristinosan kenkäpuristintelat	101
Kuva 26 Periaate Valmet SymZL Shoe Press Roll-telan modulaarisesta järjestelmästä, tuoteplatformista sekä tuoteperheestä	102
Kuva 27 Vanha "flat" tuoterakenne vs modulaarinen tuoterakenne	103
Kuva 28 Valmet SymZL Shoe Press Roll-telan moduulirakenne.....	104
Kuva 29 Tuoteparametrien tasot	105
Kuva 30 Valmet SymZL Shoe Press Roll tuoteperheen sovellusalue	107
Kuva 31 Nippikulma ja käyttötappi variaatiot.....	107
Kuva 32 Eri parametrien vaikutus Valmet SymZL Shoe Press Roll-telan eri moduuleihin ja niiden sisäisiin osiin	108
Kuva 33 Eri tuotemäärittely prosessien tuotemäärittelyjen valmiusaste.....	109
Kuva 34 Modular Way Shoe Press konfiguraattorin geneerinen tuoterakenne PALMA-työkalussa	114
Kuva 35 Esimerkki Component Family -työkalun hyödyntämisestä taulukkopiiirustuksissa	115
Kuva 36 Kokoonpanomallin konfigurointi Product Table -työkalun avulla	116
Kuva 37 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaation lähtö -ja tavoitetilä	118
Kuva 38 Mitoitusapugeometrian käyttäminen kokoonpanoissa	119
Kuva 39 Adaptiivisen geneerisen tuoterakenteen periaate	120
Kuva 40 Product Table -työkaluun perustuva konfigurointi	121
Kuva 41 Resource Table -työkalun käyttäminen tuotemallin konfigurointiin	123

Kuva 42 Design Table -taulukon luonti	124
Kuva 43 Design Table -taulukon tiedonhaku DT-makrolla	124
Kuva 44 Tiedonhaku makron käyttäminen parametrusten mallien ohjaamiseen	125
Kuva 45 Kytkeä moduulin periaate.....	126
Kuva 46 Resource Table -ohjauksen määrittäminen.....	127
Kuva 47 Kehitetyn HLCT-mallipohjan periaate	128
Kuva 48 Valmet Modular Way ShoePress -konfiguraattorin käyttö myynti -ja toimitusprosessin eri vaiheissa	129
Kuva 49 Tekniset erittelyn vertaaminen Word -tekstinkäsittelyohjelmassa	131
Kuva 50 Konfiguraatio -ohjautuvan paperikonekomponentin suunnittelukonfigurointi prosessi	134
Kuva 51 Konfiguraatio -ohjautuvan paperikonekomponentin suunnitteluprosessi.....	134
Kuva 52 Konfiguraatio -ohjautuvan suunnittelun vakiotoimenpidekuvaus eli työohje suunnittelukonfiguroinnin ja perussuunnittelun vaiheista.....	135
Kuva 53 Konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin tietojärjestelmäarkkitehtuuri.....	138
Kuva 54 Suunnittelun automaation kypsyysmalli, tutkimuksen tulokset ja mahdolliset jatkotutkimustarpeet.....	144
Kuva 55 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan toimitusprosessin jatkotutkimuskohteet ...	147

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1 BPQRM-viitemallin ominaisuuksien valintakriteerit (Heinrich 2014, s. 41)	37
Taulukko 2 Yleiset modulointia ohjaavat tekijät (Österholm & Tuokko, 2001, s.14).....	52
Taulukko 3 Tuoterakenteen modulaarisuuden vaikutus mallinnustapaan	112

1 JOHDANTO

Tässä luvussa käsitellään ensimmäisenä työn taustaa, tavoitteita ja rajausta. Lisäksi luvussa kuvataan tutkimuksen toteutus sekä tutkimuskysymykset sekä viimeisenä raportin rakenne ja eteneminen.

1.1 Työn tausta

Nykyisessä vahvasti kilpailussa liiketoimintaympäristössä yritykset pyrkivät sopeuttamaan toimintaansa parantaakseen kannattavuuttaan vaikuttamallaan markkina-alueella. Samaan aikaan globaali kilpailu pakottaa tuottavuuden, kustannuskilpailukyyn ja prosessitehokkuuden jatkuvaan parantamiseen. (Shamsuzzoha, 2011, s.27)

Paperikonemarkkinat ovat muuttuneet rajusti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Paperikoneiden päämarkkina-alue on Aasiassa ja erityisesti Kiinassa. Aikaisemmat maailman leveimmät, nopeimmat ja tehokkaimmat paperikoneet ovat vaihtuneet tuotannollisesti pienempiin, teknologiatasoltaan alhaisempiin ja ennen kaikkea myyntihinnaltaan alhaisempiin kartonkikoneisiin. Markkinamuutos on myös johtanut asiakaskohtaisesti räätälöityyn projektitoimitukseen perustuvan liiketoimintamallin kyseenalaistamiseen. (Huovila, 2014)

Aberdeen Groupin teettämässä tutkimuksessa (2007, s.1) tuotteissa, joiden suunnittelu perustuu voimakkaaseen tiedon uudelleen käyttöön, voidaan saavuttaa jopa 80%:n vähennys suunnittelutunneissa. Ong et al. (2008, s.18) mukaan modulaarinen tuoterakenne on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka mahdollistaa tuotteen mekaanisen suunnittelutiedon uudelleenkäytön tehostamisen.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan Valmet Oy:n paperiliiketoiminnan myynti-toimitusprosessin kehittämistä moduloinnin ja konfiguroinnin avulla. Tämä tutkimus on tapaustutkimus, joka käsittelee modulaarisuuden ja konfiguraatio-ohjautuvan myynti-toimitusprosessin vaikutusta paperikonekomponentin suunnitteluprosessiin. Tutkimuksessa pyritään kehittämään käytössä olevan tietojärjestelmäarkkitehtuurin sekä modulaarisen tuoterakenteen avulla konfiguraatio-ohjautuva suunnitteluprosessi, jota tehostetaan suunnittelun automaation ratkaisulla.

Pysyäkseen kilpailukykyisenä kiristyvässä markkinatilanteessa Valmet on aloittanut koko paperikoneliiketoimintaa koskevan modulointi ohjelman Modular Way to Operate. Ohjelman

tavoitteena on kehittää modulaarinen tuotetarjoama ensisijaisesti voimakkaasti kilpailtuun keskileveään luokkaan. Modular Way to Operate- kehitysohjelmalla Valmet tavoittelee sarjatuotantotuotteille tuttua modulaariseen rakenteeseen ja siihen pohjautuvan toimintamallin tuomia kilpailuetuja. Toimintamalli perustuu moduulisysteemiin muodostamaan tuotteeseen. Moduulisysteemi mahdollistaa konfigurointiin perustuvan myyntiprosessin ja virtaviivaisen toimituksenhallinta- sekä liiketoimintaprosessin. Moduloidulla toimintatavalla pyritään tehokkaaseen ja vähemmän asiantuntijaorganisaatiota kuormittavaan tarjoustoimintaan, nopeaan toimituksien läpimenoaikaan ja kustannustehokkuuteen. Moduulisysteemi perustuu ennalta määritellyistä elementeistä eli moduuleista, jotka on kehitetty huomioiden tuotteen kaikki toimitusvaiheet (suunnittelu, hankinta, valmistus, logistiikka ja asennus). Kehitysohjelmassa kehitetään uudet prosessit, organisaatiot ja työkalut seuraaville alueille:

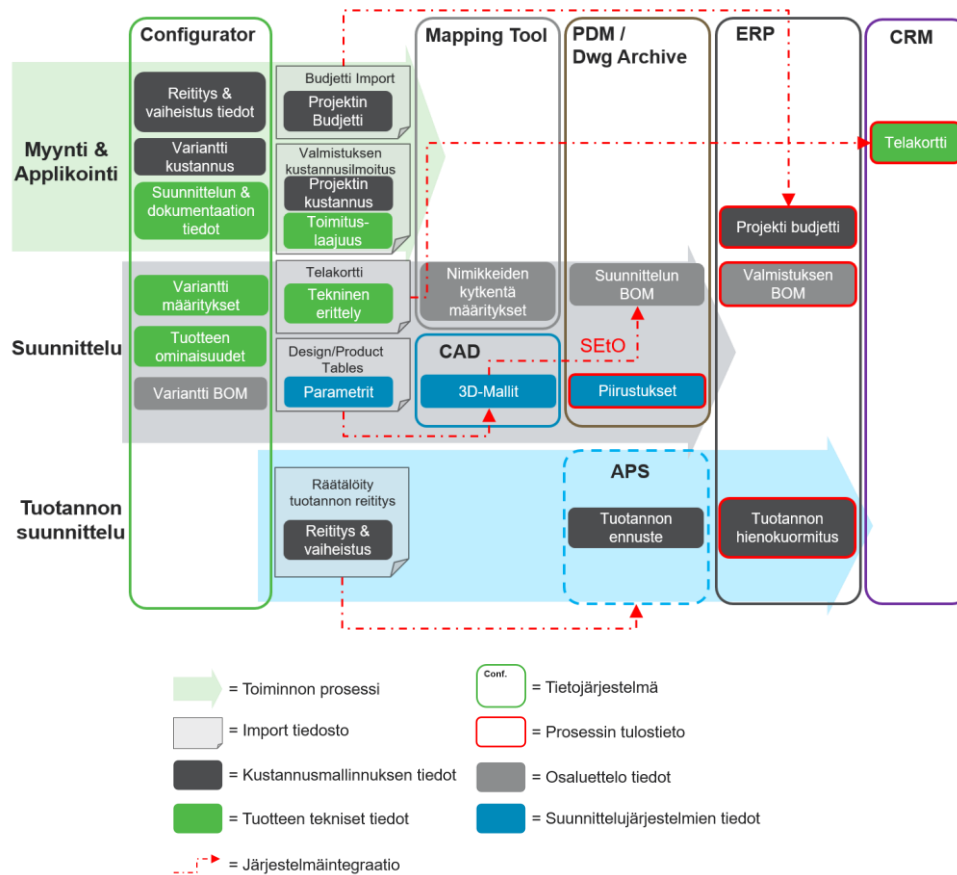
1. konfiguroiva myynti ja projektisuunnittelu
2. moduuleihin perustuva tuotantosysteemi (omavalmistus ja hankinta)
3. moduuleihin perustuva tehdasasennus
4. modulaarisen tuotteen ja sitä tukevien prosessien hallintamalli

(Huovila, 2014)

Modular Way to Operate- ohjelma alkoi Valmetissa vuonna 2013 modulointiin ja konfigurointiin liittyvillä koulutuksilla. Paperikoneen päärakenneryhmistä valittiin kaksi Modular Way to Operate toimintatavan pilotointi kohdetta; kuivatusosa (Dryer) sekä pintaliimausosa (Sizer). Vuonna 2014 Modular Way to Operate-ohjelma laajennettiin viiraosaan (Former) ja vuonna 2015 puristinosaan (Press) sekä erikoisteloihin (Special Rolls).

Tutkimus koskee kartonki- ja paperikoneiden puristinosaan erikoistelojen suunnitteluprosessin kehittämistä ja liittyy Modular Way Special Rolls -kehitysohjelmaan. Ensisijaisesti ohjelmalla on tarkoitus kehittää modulaarinen tuoteperhe sekä konfiguraatio-ohjautuva myyntitoimitusprosessi puristinosaan taipumakompensoiduille teloille sekä puristimen imutelalle. Kehitysohjelma pitää sisällään molemmat Valmetin puristinosaan konseptit eli rivipuristimen (OptiPress Linear) sekä keskitelapuristimen (OptiPress Center).

Modular Way Special Rolls visio luotiin tutkimuksen alussa vuonna 2015 (kuva 1). Visiossa kuvattiin kolme potentiaalista konfiguraatio-ohjautuvasta myynti-toimitusprosessista hyötyvää toimintoa; myynti ja applikointi, suunnittelu sekä tuotannon suunnittelu.



Kuva 1 Modular Way Special Rolls visio

Modular Way Special Rolls kehitysohjelman ensimmäisessä vaiheessa luotiin myyntikonfiguraattori OptiPress Linear puristimen kenkänippiteloille. Toisessa vaiheessa myyntikonfiguraattoria laajennettiin tuotantokonfiguraattoriksi *Valmet SymZL Shoe Press Roll*-telan osalta. Tuotantokonfiguraattorissa pilotoitiin hinnalliseen osaluetteloon perustuvaa integroitua kustannusmallia sekä tutkittiin integraatioita tuotannonohjausjärjestelmään automaattisen tuotannon reitti- ja vaihetiedon tuottamiseksi.

Modulisysteemiin liittyvä tietojärjestelmäarkkitehtuuri pitää sisällään konfiguraattorin (Configurator), Valmetin itse kehittämän nimikkeiden kytkentätyökalun (Mapping Tool), tuotetiedon hallintajärjestelmän (PDM) ja Sovelia piirustusarkiston (Drw Archive), 3DEXPERIENCE suunnittelujärjestelmän (CAD), tuotannonohjausjärjestelmän (ERP), CoMPass asiakkuudenhallintajärjestelmän (CRM) sekä Delfoi Planner tuotannon hienokuormitusjärjestelmän (APS, Advanced Planning System).

Määrällisesti eniten asiantuntijoita sisältävä suunnittelutoiminto nähtiin sisäisesti tärkeimpänä Modular Way to Operate- kehitysohjelmaan sitoutettavana toimintona. Tutkimuksen aihealue valikoitui luontevasti konfiguraatio-ohjautuvan suunnittelutoiminnon tutkimiseen ja kehittämiseen.

1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Tutkimukset aiheeksi valikoituu konfiguraatio-ohjautuvan (CtO, Configure-to-Order) toimintatavan vaikutus paperikone komponentin suunnitteluprosessiin. Tavoitteena on selvittää konfiguraatio-ohjautuvat toimintatavan mahdollisuudet myynti-toimitusprosessiin. Työn empiirinen osa on osa laajempaa Modular Way to Operate -kehitysohjelmaa. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää paperikonekomponentin konfiguraatio-ohjautuvuuteen perustuvaa liiketoimintaprosessia. Erikoistelojen korkea omavalmistustas mahdollistaa hyvin automaattisten prosessien kehittämisen ja pilotoinnin. Automaattisen prosessin kehittäminen vaatii tuoterakenteen ja siihen liittyvän suunnitteludokumentaation optimoinnin. Tutkimuksen lopullisena tavoitteena on kehittää ja kuvata paperikonekomponentin konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi huomioiden siihen liittyvä tietojärjestelmäarkkitehtuuri. Suunnitteluprosessi kuvataan yleisellä tasolla vaiheina ja jokaisesta vaiheesta luodaan tarkempi suunnittelun vakiotoimenpide kuvaus (SOP, Standard Operation Procedure). Kehitettyjä toimintatapoja voidaan hyödyntää osittain tai kokonaan muiden tuotteiden myynti-toimitusprosesseissa. Kehitettyjä suunnittelujärjestelmän ratkaisuja ja suunnitteluprosessia arvioidaan hyödyntämällä suunnittelun automaation kypsyyksillä.

Tutkimuksessa pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten konfiguraatio-ohjautuva toimintapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?
2. Mitä konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?
3. Tehostaako konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?
4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Tutkimuksen vaatima esityö, kuten myynti- tai tuotantokonfiguraattorin sekä suunnittelujärjestelmissä olevien tuotemallin eri ilmentymien luominen, ei ole tutkimukselle varatussa aikataulussa mahdollista. Allekirjoittanut on vastannut myynti- ja tuotantokonfiguraattorin toteutuksesta ja ollut projektipäällikkönä Dassault Systemesin 3DEXPERINECE Platform suunnittelujärjestelmän käyttöönotossa telat -tuoteryhmässä. 3DEXPERINECE Platform tuotemallien lopullisesta tuottamisesta on vastannut telatuoteryhmän pääkäyttäjä. Koska WoWa -kytkentätyökalun kehitys on tapahtunut Modular Way to Operate -kehitysohjelmassa, ei sitä kuvata kehitetyissä ratkaisuisa kuin periaatteellisella tasolla. Työssä käsitellään taustana Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan rakennetta, konfiguraattoria sekä suunnittelujärjestelmissä olevia tuotemallin ilmentymiä siinä määrin kuin ne tukevat työn taustojen ja ratkaisujen selventämistä. Tutkimus rajataan koskemaan Valmet SymZL Shoe Press Roll-teloja, jotka ovat ensimmäisiä täysin modulaarisia ja konfiguroitavia erikoisteloja. Tutkimuksessa keskitytään tuoterakenteen eri ilmentymien vaikutukseen suunnitteluprosessiin sekä suunnitteluprosessiin liittyvän tietojärjestelmäarkkitehtuurin kuvaamiseen. Suunnittelurakenteisiin ja – dokumentteihin liittyvät ratkaisut kuvataan yleisellä tasolla. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa osittain tai kokonaan muihin vastaavanlaisiin paperikonekomponentteihin.

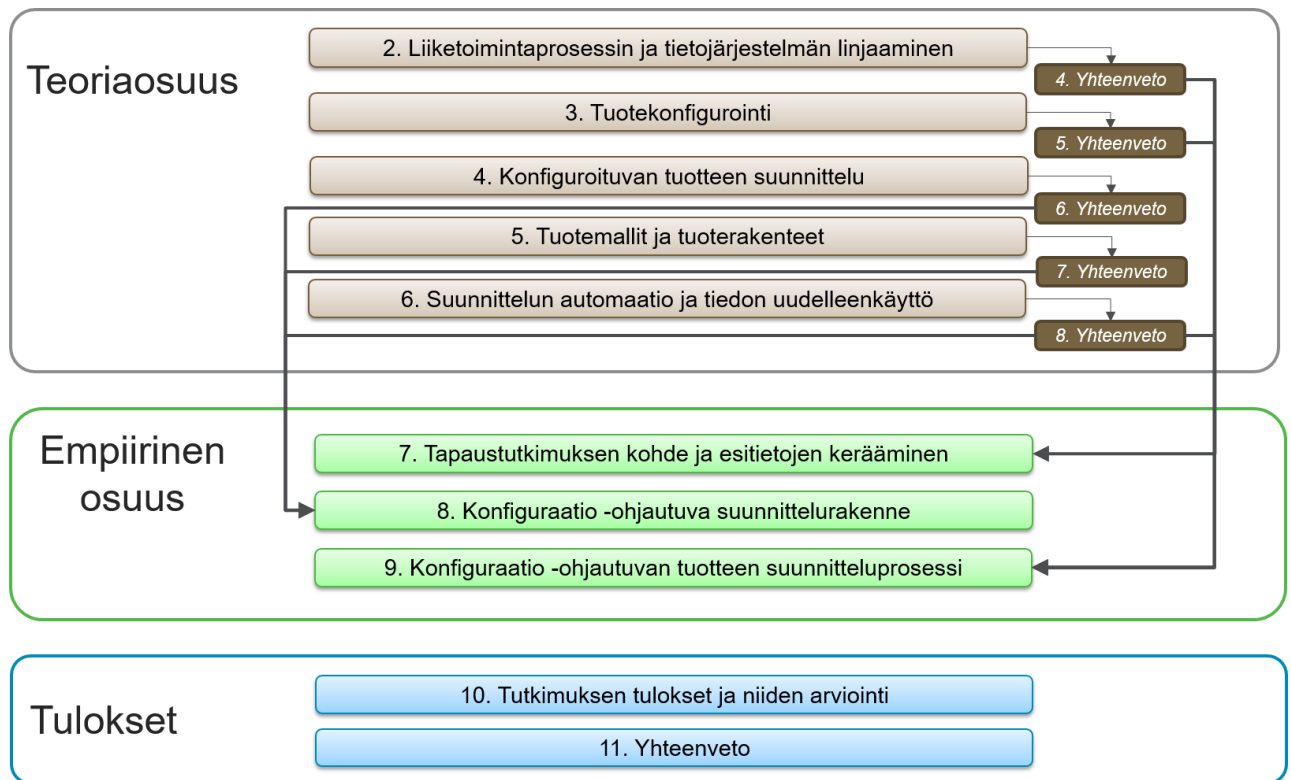
1.3 Tutkimuksen toteutus ja tutkimusotteen valinta

Tutkimuksen teoreettinen osuus suoritetaan kirjallisuuskatsauksena aikaisemmista kotimaisista ja kansainvälisistä tutkimuksista. Aineistoina käytetään pääsääntöisesti tieteellisiä aineistoja kuten akateemisia julkaisuja, alan kirjoja, oppikirjoja sekä Modular Way to Operate-kehitysohjelmaan liittyvää sisäistä aineistoa.

Tutkimuksen empiirinen osuus koostuu kahdesta eri osuudesta: lähtötietojen keräämiseen tarkoitettusta sähköisestä kyselytutkimuksesta sekä konfiguraatio-ohjautuvan suunnitteluprosessin ja sen vaatiman tietojärjestelmäarkkitehtuuriratkaisujen kehittämisestä. Kyselytutkimukseen käytetään Valmetilla sisäisesti käytössä olevaa sähköisiin kyselyihin tarkoitettua EFS (Enterprise Feedback Suite) työkalua. Sähköisellä kyselyllä on tarkoitus selvittää anonymisti nykyisen suunnitteluprosessin vahvuudet ja heikkoudet ja kerätä konfiguraatio-ohjautuvalle suunnitteluprosessin kehittämiseksi lähtötietoja. Tuloksia verrataan kirjallisuudessa esitettyihin EtO (Engineer-to-Order) suunnitellaan tilauksesta myyntitoimitusprosesseihin ja niissä käytettyihin järjestelmäarkkitehtuurisiin ratkaisuihin.

1.4 Raportin rakenne

Raportti koostuu teoriaosuudesta sekä empiirisestä osuudesta. Teoriaosuus käsittelee liiketoimintaprosessin ja tietojärjestelmien linjaamista, modulaarisuutta, konfiguroituvan tuotteen suunnittelua sekä suunnittelun kannalta tärkeitä asioita kuten suunnittelun automaatiota sekä tuoterakenteita. Jokaisen teoriaosuuden lopussa olevassa yhteenvedossa pyritään nostamaan esiin kyseisen teorian tärkeimmät asiat empiirisen osuuden kannalta. Empiirisessä osuudessa on lyhyet yritys -ja tuote -esittelyt sekä erilliset kappaleet konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakenteista ja niihin liittyvästä tietojärjestelmäarkkitehtuurista sekä konfiguroituvan tuotteen suunnitteluprosessista. Tutkimuksen lopussa esitetään tutkimuksen keskeisimmät tulokset, arvioidaan tuloksia sekä esitetään mahdolliset aiheeseen liittyvät jatkotoimenpiteet sekä -tutkimuskohteet.



Kuva 2 Tutkimuksen rakenne

2 LIKETOIMINTAPROSESSIN JA TIETOJÄRJESTELMÄN LINJAAMINEN

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää konfiguraatio -ohjautuvaan toimintatapaan perustuvaa myynti -ja toimitusprosessiin kuuluvaa suunnitteluprosessia. Tässä luvussa käsitellään liiketoimintaprosessin ja tietojärjestelmien linjaamiseen liittyvää teoriaa. Ensimmäisenä esitellään lyhyesti liiketoimintaprosessin ja sen mallintamisen teoria. Seuraavana käsitellään konfiguraatio -ohjautuvaan toimintatapaan liittyviä tietojärjestelmiä ja lopuksi esitellään liiketoimintaprosessin ja tietojärjestelmien linjaamiseen käytettävää liiketoimintaprosessin laadun viitemallia (BPQRM -viitemalli).

2.1 Liiketoimintaprosessin mallintaminen ja kehittäminen

Kirjallisuudessa liiketoimintamallista löytyy monta määritelmää. Otto Mäkelä (2015) esittää liiketoimintamallista yleisen määritelmän:

”Liiketoimintamalli on empiirinen käsite, joka mahdollistaa liiketoimintalogiikan kuvaamisen ja kommunikoinnin yrityksen sisällä sekä muille organisaatioille. Se pitää sisällään arvolupauksen, keinot niiden saavuttamiseksi, asiakasulottuvuuden ja taloudelliset tekijät.”

Paul Timmersin (1998, s.2) kuvaus liiketoimintamallista sopii paremmin tutkimuksen sisältöön. Hänen mukaansa liiketoimintamalli koostuu tuotteen arkkitehtuurista, palveluista ja tietovirrasta sisältäen määrittelyn vaihtelevista liike -elämän toimijoista sekä heidän rooleistaan, mahdollisista eduista sekä tulonlähteistä.

Mäkelä (2016) kuvaa strategian, liiketoimintamallin ja liiketoimintaprosessin yhteyttä. Hän jaottelee ne yrityksen hierarkian mukaisesti kolmelle tasolle. Strategia sijoittuu yritystasolle, jossa määritetään tavoitteet ja suuntaviivat. Liiketoimintamalli sijoittuu liiketoimintayksikön tasolle, jossa kuvataan liiketoimintaan liittyvät rakenteet. Liiketoimintaprosessi sijoittuu toimintatasolle, jossa kuvataan operatiiviset prosessit.

Michael Haveyn (2004, s.7) mukaan liiketoimintaprosessin ja sen mallintamisen tavoitteena on:

1. kuvata olemassa oleva prosessi ja nostaa esille mahdollisia kehitystarpeita, kuten poistamalla turhia vaiheita ja automatisoimalla manuaalisia vaiheita.
2. mahdollistaa tehokas ja automaattinen prosessin virtaus, poistamalla vaiheiden välistä aikaa ja mahdollistamalla rinnakkainen työ
3. parantaa prosessin tuottavuutta ja vähentää siihen liittyvää henkilöstöä
4. mahdollistaa ihmisten käyttämisen vaativampaan työhön poistamalla tai vähentämällä prosessiin osallistuvien ihmisten määrää
5. yksinkertaistaa määräyksiä ja niiden noudattamista, luomalla tarkastettavissa olevia prosesseja

Liiketoimintaprosessi sisältää kolme peruselementtiä; syötteet (Inputs), resurssit (Resources) ja tulokset (Outputs). Syötteet ovat materiaalia, palveluita, tietoa, jotka virtaavat prosessissa ja muutetaan prosessiaktiiviteettien tulokseksi. Resurssit ovat prosessin aktiiviteetteja suorittavia ihmisiä ja laitteita. Tulokset ovat prosessin tuottamia tuotteita tai palveluita. Jos prosessi sisältää asiakkaan se voi olla yrityksen sisäinen tai ulkoinen asiakas. (Rainer & Prince 2016, s.35)

Rainer & Prince (2016, s.35) mukaan menestyvät organisaatiot mittaavat prosessin aktiiviteetteja arvioidakseen prosessin toimintaa. Liiketoimintaprosessin kaksi perusmittaria ovat prosessin hyötysuhde (Efficiency) ja tehokkuus (Effectiveness). Hyötysuhde kuvaa prosessin toimintojen suorittamista mahdollisimman tehokkaasti ja tehokkuus kuvaa prosessinlopputuotteiden kannalta tärkeiden asioiden tekemistä.

2.1.1 Liiketoimintaprosessin suunnittelu ja kehittäminen

Haveyn (2005, s.22) mukaan hyvän liiketoimintaprosessin suunnittelussa on tärkeää tutustua projektiympäristöön, ymmärtäen siihen liittyvät haasteet sekä huomioimalla prosessiin liittyvät paikalliset ja laajemman tason yhteydet. Hyvän liiketoimintaprosessin mallintaminen vaatii sen laajuuden ymmärtämisen. Perusvaatimus liiketoimintaprosessin mallintamiselle on mahdollisuus suunnitella, käyttää, valvoa ja hallita ihmisten ja tietojärjestelmien yhteisiä prosessia paremmin.

Rainer & Princen (2016) mukaan liiketoimintaprosessin kehittäminen voidaan jakaa viiteen vaiheeseen:

1. Määrittelyvaiheessa kuvataan olemassa oleva prosessi yleensä graafisessa muodossa. Määrittelyvaiheessa kuvataan myös sisäisten ja / tai ulkoisten asiakkaiden vaatimukset.
2. Mittausvaiheessa tunnistetaan prosessin kannalta tärkeät mittarit, kuten esimerkiksi aika.
3. Analyysivaiheessa arvioidaan olemassa olevan prosessin tietoja ja tunnistetaan prosessiin liittyviä ongelmia ja niihin liittyviä juurisyitä.
4. Parantaa vaiheessa määritetään juurisyiden mukaan sopivat prosessivaihtoehdot ja valitaan ja otetaan käyttöön toiminnan kannalta sopivin vaihtoehto.
5. Hallinta vaiheessa määritetään prosessin mittarit ja järjestetään seuranta.

2.2 Tietojärjestelmät

Tietojärjestelmät mahdollistavat liiketoimintaprosessien kehittämisen ja optimoinnin. Tietojärjestelmät tarjoavat uuden teknologian ja automaation liiketoimintaprosessin kehittämiseen. Tietojärjestelmillä voidaan parantaa liiketoimintaprosessin hyötysuhdetta lisäämällä tehokkuutta ja luotettavuutta. Tietojärjestelmät voivat myös heikentää liiketoimintaprosessin toimijoiden suorittamia toimintoja. (Heinrich 2014, s.18)

Tietojärjestelmällä on merkittävä rooli prosessin suorittamisessa, prosessiin liittyvän tiedon talteenotossa ja varastoinnissa sekä prosessin suorituskyvyn valvonnassa. Tietojärjestelmät mahdollistavat prosessin tehokkaan suorittamisen esimerkiksi toimittamalla tehtävän suorittamiseen vaadittavan tiedon tai koko tehtävän suorittamisen tiedon avulla. Prosessit luovat paljon tietoa, joiden varastointiin tarvitaan tietojärjestelmiä. Tietojärjestelmän merkittävänä etuna on kerran tallennetun tiedon uudelleen käyttö, jolloin päällekkäinen työ vähenee. Tietojärjestelmät mahdollistavat myös prosessin suorituskyvyn valvonnan. Tietojärjestelmät käyttävät prosessin tuottamaa tietoa prosessin toiminnan arvioimiseen. Tietojärjestelmät voivat myös osoittaa prosessissa ilmeneviä ongelmia esimerkiksi vaatimalla henkilöä arvioimaan tietoa ja tekemään päätöksen sen pohjalta. (Rainer & Prince 2016, s.38-40)

Heinrichin (2014, s.18) mukaan tietojärjestelmät sisältävät viittä komponenttityyppiä.

1. Laitteet (Hardware), tietojärjestelmään liittyvät fyysiset laitteet
2. Ohjelmistot (Software), tietojärjestelmään liittyvät ohjelmat ja menettelyt
3. Tieto (Data), sisältää kaiken tietojärjestelmään liittyvän tiedon
4. Verkosto (Networks), sisältää kaikki tietojärjestelmään liittyvät viestintäkanavat
5. Ihmiset (People), sisältää tietojärjestelmä asiantuntijat ja loppukäyttäjät

Tutkimuksessa CtO -toimintatapaan perustuvaan suunnitteluprosessiin liittyvät tietojärjestelmät ovat konfigurointijärjestelmä (Configurator), suunnittelujärjestelmä (CAD), tuotetiedon hallintajärjestelmä (PDM). Näistä konfigurointijärjestelmän ylläpito on tuotehallinnan vastuulla ja varsinainen konfiguraatioiden eli tarjousten tuottaminen myyntiorganisaation vastuulla. Suunnittelujärjestelmä (CAD) ja tuotetiedon hallintajärjestelmä (PDM) ovat varsinaisia projektisuunnittelun työkaluja. Näissä järjestelmissä olevan tiedon ylläpito on tuotehallinnan ja projektisuunnittelun vastuulla.

2.2.1 Konfiguraattori

Konfiguraattorit liittyvät vahvasti tuotetiedon hallintaan. Monessa yrityksessä tuotetietoa hallitaan erillisissä rinnakkaisissa järjestelmissä, kuten PDM- (Product Data Management) tai PLM- (Product Lifecycle Management) järjestelmissä sekä suunnittelujärjestelmissä. Yleensä nämä järjestelmät eivät luontaisesti tue konfiguroitavia tuotteita tai niihin liittyviä konfiguraattoreita, jolloin tuotetietoa joudutaan ylläpitämään useassa eri järjestelmässä. Yhtenä vaihtoehtona tuotetiedon hallinnan tehostamiseen Martio (2015, s.25) esittää erillisen liittymän rakentamista tuotetiedon hallintajärjestelmän ja konfiguraattorin välille. Tällöin tuotetiedon hallinta tapahtuu tuotetiedon hallintajärjestelmässä (PDM) ja tuotetieto saadaan siirrettyä liittymän kautta konfiguraattoriin. (Martio 2015, s.24-25)

Modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa tuotteen konfiguroinnin asiakastarpeiden mukaan. Perinteinen asiakaskohtainen suunnittelu korvataan konfiguroinnissa tuoteperheeseen kuuluvien varianttien asiakastarpeiden mukaisella valinnalla. (Jenssen et al. 2012)

Martion (2015, s.25) mukaan konfiguraattorin kuuluvat asiantuntijajärjestelmiin (expert systems). Konfiguraattorit voidaan jakaa konfigurointiteorian mukaan kolmeen pääryhmään: 1. Sääntöihin perustuva päättely, 2. Tapauksiin perustuva päättely ja 3. Malliin perustuva päättely.

Sääntöihin perustuva päättely (Rule based reasoning)

Sääntöihin perustuva konfiguraattori käyttää tekoälyä tukevaa ohjelmointikieltä, kuten yksinkertaisia sääntölausekkeita (if condition then consequence). Sääntöihin perustuvan konfiguraattorin ylläpidettävyys muuttuu nopeasti haastavaksi suuren ja vaikeasti hahmotettavan ohjelmistomassan päivittämisessä. Monet CAD-järjestelmät tukevat makropohjaisia ohjelmointikieliä, joiden avulla voidaan ohjelmoida järjestelmä laskemaan parametreja ja valitsemaan komponentteja. (Martio 2015, s. 42)

Tapauksiin perustuva päättely (Case based reasoning)

Tapauksiin perustuva konfiguraattori käyttää aiemmin todettuja tapauksia uuden konfiguraation tuottamiseen. Järjestelmän tehokkaan toiminnan kannalta tapauksia tulisi olla paljon ja niiden tulisi kattaa mahdollisimman hyvin koko tuotteen sovellusalue. Tapauksiin perustuva konfiguraattori ei sovellu elinkaaren alkuvaiheessa olevien tuotteiden konfigurointiin, koska sen luotettava ja tehokas toiminta perustuu taustalla oleviin aikaisempiin tapauksiin joita ei uudelle tuotteelle ole vielä olemassa. Järjestelmän toisena merkittävänä heikkoutena on epävarmuus konfigurointituloksen oikeellisuudesta. Epävarmuus johtuu oikeiden konfigurointisäännösten puutteesta, jolloin täysin uuden lähtötietokombinaation toteuttama konfigurointitulokseen ei voida täysin luottaa. Tästä johtuen tapauksiin perustuva konfigurointijärjestelmä soveltuu huonosti tuotteiden tai palveluiden konfigurointiin. Tapauksiin perustuvaa konfigurointia voi soveltaa esimerkiksi lääketieteellisten diagnoosien konfigurointiin, missä tunnettujen oireiden mukaan luodaan diagnoosi. (Martio 2015, s.43)

Malliin perustuva päättely (Model based reasoning)

Malliin perustuva konfigurointimallien kehityksen tavoitteena on ollut välttää sääntöihin perustuvien konfiguraattorien ylläpidettävyysongelmat. Malliin perustuva järjestelmä sisältää elementtirakenteen ja elementtien väliset riippuvuudet. Malliin perustuvat järjestelmät voidaan jakaa useampaan alatyypin ja niiden yhdistelmiin. (Martio 2015, s.43)

Logiikkapohjaiseen päättelyyn (Logic based reasoning) perustuva järjestelmä sisältää tiedon esittämisen kehittyneellä formaalilla logiikkakielellä sekä tavallisimmilla aritmeettisilla ja loogisilla lausekkeilla. Näissä järjestelmissä tuotemalli perustuu oliopohjaiseen tiedon esittämistapaan, joka koostuu yksittäisistä olioista, olioluokista sekä niiden välisistä yhteyksistä. Konfigurointiin käytetään konfigurointiohjelmaa, joka tulkitsee tuoterakennetta ja siihen kytkettyjä sääntöjä konfiguraation aikaansaamiseksi. Järjestelmien ominaisuuksiin kuuluu myös toiminto-orientoituus, jolloin tietty looginen ehto laukaisee tietyn operaation. (Martio 2015, s.43)

Rajoitepohjaiseen päättelyyn (Constraint based reasoning) perustuva järjestelmä sisältää oliopohjaisen tuotemallin ja niiden välille asetetut rajoitteet määrittävät kuinka ne liittyvät toisiinsa muodostaakseen oikean kaikki rajoitteet täyttävän konfiguraation. Järjestelmään kuuluu aina päättelykone (inference engine), joka etsii valinta-avaruudesta annettujen lähtötietojen mukaista konfiguraatiota. Rajoitepohjainen konfigurointi on ainoa järkevä toteutustapa myyntikonfiguraattorille, koska se sallii mielivaltaisen tuoteparametrien antojärjestyksen sekä jäljellä olevien parametrien arvojen rajaaminen jo annettujen tuoteparametrien mukaan. Tämän ominaisuuden toteuttaminen johtaa jo muutamalla parametrilla suureen määrään valintapolkuja. Esimerkiksi kymmenen parametrin vapaa valintajärjestys johtaa yli 350 000 valintapolkuun, jolloin on ymmärrettävää, ettei ominaisuuden toteuttaminen ole ylläpidollisesti järkevää esimerkiksi sääntöihin perustuvissa järjestelmissä. (Martio 2015, s.44)

Resurssipohjaiseen päättelyyn (Resource based reasoning) perustuvassa järjestelmässä tuotemallin elementteihin on liitetty tieto sen kuluttamasta tai tuottamasta resurssista. Tämän tyyppistä järjestelmää voi hyödyntää tuotteissa, joka sisältää vaihtelevan määrän yksiköitä (moduuleja), jotka tuottavat ja vastaavasti toiset kuluttavat energiaa. Konfigurointisäännöillä voidaan tavoitella esimerkiksi järjestelmän energiamäärän tasapainoa. Resurssipohjaista päättelyä käytetään usein tukemaan muun tyyppistä päättelyä. (Martio 2015, s.45)

Heleniuksen (2019) mukaan Valmetin käytössä oleva konfigurointiin liittyvä järjestelmäarkkitehtuuri koostuu Tacton TCsite konfiguraattorista, jonka sisältöä ylläpidetään PALMA tuotearkkitehtuurin elinkaaren hallintatyökalun sekä Tacton TCstudio konfiguraattorin kehitystyökalun avulla. Tacton TCsite on selainpohjainen myyntikonfiguraattorien hallintapaikka, jolla hallitaan tarjouskonfigurointeja. Konfiguroinnin tuottaman varianttilistan yhdistäminen todellisiin nimikkeisiin tapahtuu Valmetin itse kehittämällä kytkentätyökalulla (WoWa), jonka tarkoituksena on tuottaa automaattisesti konfiguraation mukainen osaluettelo. Valmetin käyttämä konfigurointijärjestelmä perustuu rajoitepohjaiseen päättelyyn (Constraint based reasoning).

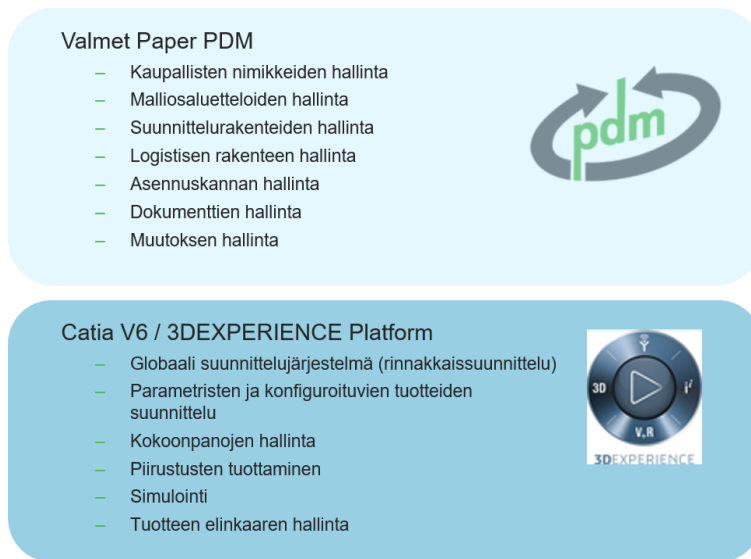
<p>TCsite (Tacton)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konfiguraattorin lopullinen käyttöliittymä - Hinnan laskeminen - Tarjouksien ja dokumenttien luonti <p>TCstudio (Tacton)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konfiguraattorin kehitysympäristö - Käyttöliittymä, erikois rajoitteiden luonti, määrien laskenta, optimointi... 	 
<p>Palma (Modular Management)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tuotearkkitehtuurin elinkaaren hallinta - Moduulijärjestelmän määrittäminen ja ylläpito - Moduuli variantit, rakenteet, valintasäännöt 	 
<p>WonderWare (Valmet)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nimikkeiden määrittäminen ja lokalisointi konfiguraattorista PDM:ään (variantista nimikkeeseen) - PDM rakenteen luominen ja muokkaaminen - Samankaltaisuuden tunnistaminen 	

Kuva 3 Valmetin järjestelmäarkkitehtuuri konfigurointiin

2.2.2 Suunnittelujärjestelmät

Valmetilla suunnittelujärjestelmiksi voidaan laskea Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmä sekä CAD -järjestelmä 3DEXPERIENCE Platform. Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmässä luodaan ja hallitaan nimikedataa sekä osaluetteluita. Järjestelmä on eMatrixista Valmetin käyttötarkoituksiin räätälöity globaali tuotetiedon hallintajärjestelmä. PDM järjestelmän toiminnallisuuksiin kuuluu standardi- ja suunnittelunimikkeiden hallinta, malliosaluetteloiden sekä suunnittelu- ja logististen rakenteiden hallinta, dokumenttien hallinta ja muutoksen hallinta kaikissa edellä mainituissa toiminnallisuuksissa. (Niiniaho, 2019)

Valmetilla vuonna 2014 käyttöönotettu Dassault Systemesin Catia V6 3D-suunnittelujärjestelmä on globaali tietokantapohjainen suunnittelujärjestelmä. Järjestelmän nimi muuttui myöhemmin 3DEXPERIENCE Platformiksi. 3DEXPERIENCE Platformi tukee parametrinen ja konfiguroituvien tuotteiden suunnittelua sekä globaalissa rinnakkaissuunnittelussa tärkeää kokoonpanojen hallintaa. Piirustusten tuottaminen, erilaiset simuloinnit sekä tuotteiden elinkaaren hallinta ovat 3DEXPERIENCE Platformin tärkeitä ominaisuuksia. (Palenius, 2019)

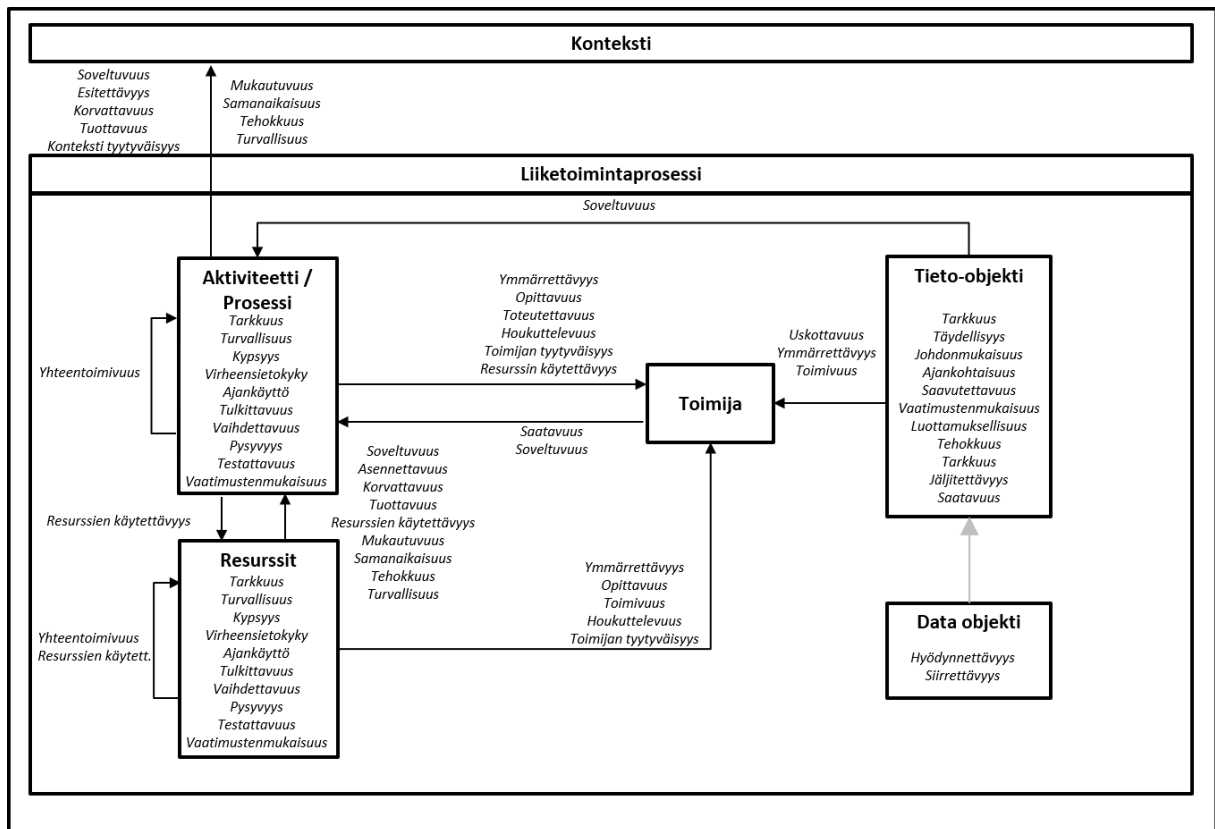


Kuva 4 Valmetin käyttämät suunnittelujärjestelmät

2.3 BPQRM-viitemalli

Robert Heinrich 2014 esittelee tutkimuksessaan liiketoimintaprosessin laadun viitemallin (BPQRM, **B**usiness **P**rocess **Q**ualitys **R**eference-**M**odel), joka on kehitetty tuottamaan kattava ymmärrys liiketoimintaprosessin laadusta. Mallissa ohjelmistotuotteista tutut laatutekijät siirretään liiketoimintaprosessiin. Kirjallisuudesta voidaan havaita useita analogioita liittyen ohjelmistotuotteisiin ja ohjelmistoprosesseihin. Molemmilla on sama looginen rakenne verraten niiden tuloja, lähtöjä sekä operaatioita. Ohjelmistotuotteet kuten myös ohjelmistoprosessit sisältävät toisiinsa kytkettyjä hierarkkisesti verkostoituneita operaatioita, joiden toteuttamisella saavutetaan määritelty tulos. Ohjelmistoja sekä prosesseja toteutetaan joko laitteisto- tai henkilöresursseilla. Kirjassa esitetty liiketoimintaprosessin laadun hierarkkinen rakenne, jossa määritykset ovat yhtenevät ohjelmiston laatu standardin (ISO/IEC 25000) kanssa. Liiketoimintaprosessin laadun määrittämiseen tarvitaan liiketoimintaprosessin laadun tunnusmerkkejä, jotka ovat liiketoimintaprosessin laatuominaisuuksien luokkia. Laatuominaisuudet ovat liiketoimintaprosessin luontaisia ominaisuuksia, jotka voidaan erotella laadullisesti tai määrällisesti. Esimerkiksi jonkin aktiviteetin virhetiheys on laatuominaisuus. Liiketoimintaprosessin laadun määrittämiseen tarvitaan vielä liiketoimintaprosessin laadun mittauksia, jotka voidaan jakaa perus -sekä johdettaviin

mittauksiin. Perusmittauksia voidaan soveltaa suoraan liiketoimintaprosessissa ja johdettaviin mittauksiin käytetään kahden tai useamman perusmittauksen funktioita. Abstraktit laadun tunnusmerkit puretaan tarkempiin mittauksiin käyttäen monitasoista hierarkiaa. Liiketoimintaprosessin laatu viittaa liiketoimintaprosessin komponentteihin sekä kontekstiin. Liiketoimintaprosessin konteksti pitää sisällään prosessiin liittyvän organisaation. Joukko laadun tunnusmerkkejä liittyy jokaiseen liiketoimintaprosessin komponenttiin. Kustannukset eivät kuitenkaan ole laadullisina tunnusmerkkeinä liiketoimintaprosessin laadun viitemallissa (BPQRM). Kustannus voi olla laadun tai vastaavasti laaduttomuuden mittari. (Heinrich, 2014, s.30)



Kuva 5 Liiketoimintaprosessin laadun viitemalli (Heinrich, 2014, s.30)

2.3.1 Aktiviteetin ominaisuudet

Liiketoimintaprosessi sisältää aktiviteetteja, jotka voivat olla osa liiketoimintaprosessia tai jaoteltuina aliaktiviteetteihin muodostaen jopa kokonaisia liiketoimintaprosesseja. Ominaisuudet on kehitetty perustuen ISO/IEC 9126-1 standardin määritysten mukaan. Pääsääntöisesti ominaisuuksia on hyödynnetty vain pienillä yhden sanan muutoksilla, kuten ”ohjelmistotuote” on korvattu ominaisuudella aktiviteetti. (Heinrich 2014, s.31-35)

Soveltuvuus (Suitability) on aktiviteetin kyky olla tarkoituksenmukainen määrättyssä käyttöyhteydessä. ISO/IEC 9126-1 standardin mukaan ohjelmistotuotteen soveltuvuus keskittyy määritettyihin tehtäviin sekä käyttäjän tavoitteisiin.

Tarkkuus (Accuracy) on aktiviteetin kyky toimittaa oikeat tai sovitut tulokset tai vaikutukset tarvittavalla tarkkuudella.

Yhteentoimivuus (Interoperability) on aktiviteetin kyky tulla suoritetuksi yhdessä siihen liittyvien aktiviteettien kanssa. Toimintojen keskinäinen vuorovaikutus vastaa suoritusten riippuvuutta, josta johtuen määritys on uudelleen nimetty. Toteutuksen riippuvuudet voivat olla tulo tai lähtö, resurssi tai hallinta riippuvuuksia.

Turvallisuus (Security) on aktiviteetin kyky suojata tieto- sekä fysikaalisia objekteja niin, että vain käyttäjät ja resurssit, joilla on oikeudet, on pääsy niihin.

Kypsyys (Maturity) on aktiviteetin kyky välttää aktiviteetissa ilmenneet häiriöt tai virheet.

Virheherkkyys (Fault tolerance) on aktiviteetin kyky ylläpitää määritettyä suorituskyvyn tasoa virhe tapauksissa tai sille määritetyn käyttöliittymän rikkoontumisessa.

Ymmärrettävyys (Understandability) on aktiviteetin kyky saada toimija ymmärtämään niin, että se on sopivaa ja kuinka se voidaan toteuttaa tietyssä käyttöyhteydessä.

Opittavuus (Learnability) on aktiviteetin kyky mahdollistaa toimijalle oppia aktiviteetin suorittamista.

Suoritettavuus (Executability) on aktiviteetin kyky mahdollistaa käyttäjän suorittaa tai hallita aktiviteettia.

Houkuttelevuus (Attractiveness) on aktiviteetin kyky olla toimijalle houkutteleva.

Aikakäyttäytyminen (Time behavior) on aktiviteetin kyky tarjota tarkoituksenmukaista suoritusaikaa, käsittelyaikaa sekä läpimenoaikaa ennalta määritetyissä olosuhteissa. Standardin ISO/IEC 9126-1 mukaan aikakäyttäytyminen sisältää vasteajan, joka ei sovellu aktiviteetille. Jotta terminologia vastaisi paremmin kontekstia vasteaika on korvattu mallissa suoritusajalla.

Läpimenoaika: Suoritettujen operaatioiden määrä tietyssä ajanjaksona

Suoritus aika: Aktiviteetin suorittamiseen menevä kokonaisaika

Käsittelyaika: järjestelmä- tai henkilöresurssin aktiviteetin käsittelyyn käyttämä aika

Resurssien käyttö (Resource utilization) on aktiviteetin kyky käyttää ennalta määritetyissä olosuhteissa tarkoituksenmukaisia resursseja.

Analysoitavuus (Analyzability) on aktiviteetin kyky olla diagnosoitavissa puutteellisen toiminnan tai häiriön tai osa -aktiviteettien vaihtuessa.

Vaihdettavuus (Changeability) on aktiviteetin kyky mahdollistaa määritetyt muutokset aktiviteettiin.

Pysyvyys (Stability) on aktiviteetin kyky välttää aktiviteetin muutoksista johtuvat odottamattomat vaikutukset.

Testattavuus (Testability) on aktiviteetin kyky tulla validoiduksi.

Sopeutumiskyky (Adaptability) on aktiviteetin kyky sopeutua erilaisiin määritettyihin käyttöyhteyksiin.

Esiteltävyys (Introduceability) on aktiviteetin kyky tulla esitellyksi määritellyssä käyttöyhteydessä.

Samanaikaisuus (Co-existence) on aktiviteetin kyky tulla suoritetuksi samanaikaisesti toisen itsenäisen aktiviteetin kanssa jakamalla samat resurssit.

Korvattavuus (Replaceability) on aktiviteetin kyky tulla käytetyksi toisen samaan käyttötarkoitukseen määritetyn aktiviteetin sijaan.

Tehokkuus (Effectiveness) on aktiviteetin kyky mahdollistaa toimijaa saavuttamaan määritetyt tavoitteet määritellyssä käyttöyhteydessä halutulla tarkkuudella ja täydellisyydellä.

Tuottavuus (Productivity) on aktiviteetin kyky mahdollistaa toimijaa saavuttamaan määritetyt tavoitteet määritellyn käyttöyhteyden vaatimalla tarkoituksenmukaisella työpanoksella.

Turvallisuus (Safety) on aktiviteetin kyky saavuttaa hyväksyttävä riskitaso huomioiden ihmiset, liiketoiminta, prosessi, omaisuus ja ympäristö määritellyssä käyttöyhteydessä.

Toimijatytyväisyys (Actor satisfaction) on aktiviteetin kyky täyttää määritetyt toimijan tavoitteet.

Kontekstityytyväisyys (Context satisfaction) on aktiviteetin kyky täyttää määritellyssä käyttöyhteydessä erityiset rajoitteet asiakasvaatimuksien mukaan.

Vaatimustenmukaisuus (Compliance) on aktiviteetin kyky noudattaa standardeja, sopimuksia, lakisäädöksiä tai vastaavia määräyksiä.

(Heinrich 2014, s.31-35)

2.3.2 Resurssien ominaisuudet

Aktiviteetit tarvitsevat yleensä resursseja suoriutumiseen. BPQRM -viitemalli keskittyy tietojärjestelmä tuettuun liiketoimintaprosessiin, mutta huomioi myös muut kuin tietojärjestelmäresurssit. BPQRM -viitemallissa resurssi ei tarkoita yksittäistä laitteistoresurssia, kuten prosessoria tai kovalevyä vaan yleisemmin koko tietojärjestelmää tai yksittäistä konetta. Resurssien laatuun vaikuttaa aktiviteettien laatuun. Liiketoimintaprosessissa aktiviteetit käyttävät resursseja. Tästä johtuen on luonteenomaista, että konteksti tyytyväisyys jätetään pois resursseista. Myös resurssien ominaisuuksissa ISO/IEC 9126-1 standardissa esitettyjä resurssi ominaisuuksia sovelletaan BPQRM-mallin resurssiominaisuuksina. (Heinrich 2014, s.36)

Yhteentoimivuus (Interoperability) on resurssin kyky olla vuorovaikutuksessa yhden tai useamman resurssin kanssa.

Asennettavuus (Installability) on resurssin kyky tulla asennetuksi määritellyssä käyttöyhteydessä.

Aikakäyttäytyminen (Time behavior) on resurssin kyky tuottaa tarkoituksenmukainen vasteaika, suoritus aika sekä läpimenoaika suorittaessa sille määritettyä toimintoja määritellyssä olosuhteessa.

(Heinrich 2014, s.36)

2.3.3 Tieto -objektien ominaisuudet

Liiketoimintaprosessin laatu riippuu siinä käytettävän tiedon laadusta. Tietokonejärjestelmissä sähköistä ja jäsennellyssä muodossa olevaa tietoa kutsutaan dataksi. BPQRM -viitemallissa tieto -objekti pitää sisällään liiketoimintaprosessiin liittyvän kaiken tyyppisen tiedon. Data objektia pidetään tieto -objektin osajoukkona. Analogiana ISO/IEC 25012 standardiin ilmaista ”vertailuaste” käytetään ”kyvyn” sijaan tieto -objekteissa, koska tieto -objekteja pidetään passiivisina. (Heinrich, 2014, s.31)

Tarkkuus (Accuracy) on arvosteluasteikko, joka kuvaa missä määrin tieto -objekti edustaa konseptia tai tapahtumaa oikein. ISO/IEC 25012 standardissa määritys viittaa datamääritteiden arvoon ja se on yleisesti epäsoveltuva käytettäväksi BPQRM -viitemallin tieto-objektissa.

Täydellisyys (Completeness) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin sisältämän tiedon täydellisyyttä tietyssä käyttöyhteydessä. ISO/IEC 25012 standardin määritys keskittyy ”aiheeseen liittyvän tiedon” arvoihin. BPQRM -viitemallissa määritystä on tarkennettu koskemaan kaikkia odotettuja arvoja.

Johdonmukaisuus (Consistency) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto-objektin ristiriidattomuudesta sekä johdonmukaisuudesta muihin tieto -objekteihin nähden.

Uskottavuus (Credibility) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin todellisuutta ja uskottavuutta toimijoiden näkökulmasta.

Ajankohtaisuus (Currentness) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin ajankohtaisuutta.

Saavutettavuus (Accessibility) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin saavutettavuutta.

Vaatimustenmukaisuus (Compliance) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin standardien, säännösten ja määräysten mukaisuutta.

Luottamuksellisuus (Confidentiality) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin varmuutta olla käytettävissä ja tulkittavissa vain valtuutetuille henkilöille.

Tehokkuus (Efficiency) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin suoritettavuutta ja asetetun suorituskyvyn saavutettavuutta käyttämällä tarkoituksenmukaisia resursseja.

Tarkkuus (Precision) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin tarkkuutta.

Jäljitettävyys (Traceability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin muutoksen hallinnan jäljitettävyyttä.

Ymmärrettävyys (Understandability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin ymmärrettävyyttä ja tulkittavuutta, huomioiden sopiva kieli, symbolit sekä yksiköt.

Saatavuus (Availability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin saatavuutta tai haettavuutta valtuutetuille toimijoille ja/tai resursseille.

Soveltuvuus (Suitability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin soveltuvuutta tiettyyn määritettyyn aktiviteettiin. Määritys on mukailtu standardista ISO/IEC 9126-1, koska määritys puuttuu ISO/IEC 25012 standardista ja on mainittu liittyvissä tutkimuksissa ”esimerkiksi soveltuvuus toiminnan tehokkuuden toteutumiselle ja prosessin tavoitteiden saavuttamiselle”.

Toimivuus (Operability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa tieto -objektin mahdollisuutta tulla toimijan hallittavaksi tai käsiteltäväksi. Määrittäminen puuttuu standardista ISO/IEC 25012, mutta mainitaan useasti datan laadun kirjallisuudessa.

Jotkin ISO/IEC 25012 standardissa mainitut ominaisuudet ovat keskittyneet pääasiassa data objekteihin eikä niiden yleistäminen tieto -objektiin ole mahdollista.

Siirrettävyys (Portability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa datan ominaisuutta mahdollistaa sen asennettavuus, korvattavuus ja siirrettävyys järjestelmästä toiseen säilyttämällä olemassa oleva laatu.

Palautettavuus (Recoverability) on arvosteluasteikko, joka kuvaa datan ominaisuutta mahdollistaa sen ylläpidon sekä määrätyn toiminnan ja laadun säilyttämisen vikatilanteissa.

(Heinrich 2014, s.31-35)

2.3.4 Toimijan ominaisuudet

Ihmistoimijat suorittavat aktiviteetteja liiketoimintaprosessissa. Liiketoimintaprosessin laatu riippuu siinä toimivien toimijoiden pätevydestä sekä saatavuudesta. Pätevydet luokittelevat toimijat toteuttamaan aktiviteetteja määrättyssä ympäristössä. Toimijan pätevyys koostuu useista tekijöistä, kuten tiedosta ja taidoista. BPQRM -viitemalli sisältää kaksi toimijan ominaisuutta; saatavuus ja sopivuus. (Heinrich 2014, s.35)

Saatavuus (Availability) toimijan kyky suorittaa aktiviteetti vaaditussa aikaikkunassa.

Sopivuus (Suitability) on toimijan kyky suorittaa aktiviteetti hyvin.

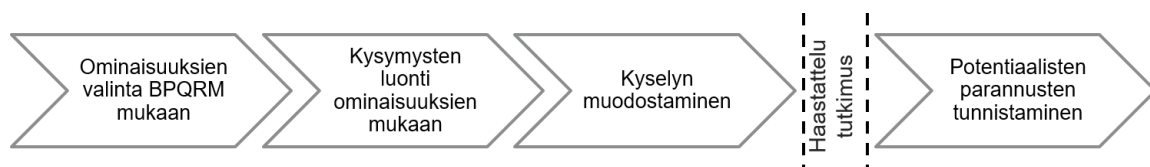
(Heinrich 2014, s.31-35)

2.3.5 BPQRM-viitemallin hyödyntäminen prosessin laadun parantamisessa

Heinrichin (2014, s.36) mukaan liiketoimintaprosessin laatua arvioidaan yleensä tunnistamalla parannusmahdollisuudet. Hän esittää tutkimuksessaan mahdollisuuden hyödyntää BPQRM -viitemallia liiketoimintaprosessin laadun parantamisessa. Heinrichin (2014, s.36) esittämässä lähestymistavassa luodaan kyselylomake, jonka avulla pyritään tunnistamaan toimijoiden näkökulmasta liiketoimintaprosessiin liittyviä laadullisia ongelmia.

BPQRM -viitemalli toimii kyselytutkimuksessa tarkastuslistana kyseisen liiketoimintaprosessin kannalta merkityksellisten laatuominaisuuksien tunnistamiselle. (Heinrich 2014, s.36)

Kyselytutkimus on tehokas tapa tunnistaa toimijoiden näkökulmasta liiketoimintaprosessin laatuun liittyviä ongelmia. Heinrich (2014, s.37) painottaa kysymysten valinnan tärkeyttä ja kriittisyyttä tutkimuksessa onnistumisessa. Heinrich (2014, s.37) esittää neljä vaiheisen lähestymistavan kyselyn toteuttamiseen.



Kuva 6 Kyselyn toteuttaminen (Heinrich 2014, s.37)

Vaihe 1. Ominaisuuksien valinta:

Määritetyn liiketoimintaprosessin laadun kannalta kriittisten ominaisuuksien valintaan voidaan käyttää BPQRM-viitemallissa olevia ominaisuuksia. Määritetyn liiketoimintaprosessin oikeiden laadullisten ominaisuuksien valintaa helpottamaan Heinrich (2014, s.39) esittää joukon valintakriteerejä. Valintakriteerit on esitetty taulukossa 1.

Ominaisuuksiin liittyvät näkymät ja valintakriteerit eivät ole yleispäteviä kaikkiin tapauksiin, vaan niiden soveltaminen on tapauskohtaista. Jotkin ominaisuudet voivat olla todella merkityksellisiä tietyssä kontekstissa ja vastaavasti vähemmän merkityksellisiä toisessa kontekstissa. Esimerkiksi ”tarkkuudella” tai ”turvallisuudella” on suurempi merkitys lääketieteellisessä kontekstissa kuin yleisessä toimistotyö kontekstissa. Tästä johtuen ominaisuuden soveltuvuutta tai merkityksellisyyttä tietyssä kontekstissa katsotaan sen kyseisen *kontekstin näkymästä*. Näkymien ja määritettyjen valintakriteerien avulla saadaan luotua ilmaisukykyinen mittaustapa kyseisen ominaisuuden laadulliselle arvolle tietyssä kontekstissa. (Heinrich 2014, s. 39-40)

Tietyt korkean ilmaisukyvyn mittaustavat antavat suoran tiedon liiketoimintaprosessin ongelmista, kuten esimerkiksi riittämättömästä tietojärjestelmien tuesta kertovat mittaukset. Lisäksi on alhaisemman ilmaisukyvyn mittauksia, jotka johtuvat havainnoista kuten esimerkiksi aktiviteetin suorittamiseen kuluva aika. Aika-arvoja on verrattava muihin aika-arvoihin tai asetettuihin tavoitteisiin, joiden avulla voidaan arvioida liiketoimintaprosessin osa-alueen vaatimaa kehitystarvetta. *Tulosnäkyvässä* tarkastellaan tietyissä kontekstissa tuoko ominaisuus uutta tietoa verrattuna nykyiseen tietämyksen tasoon. Vaikka ominaisuus on merkityksellinen sekä sisältää uutta tietoa, ominaisuuden mittaaminen voi vaatia suuren määrän työtä, esimerkiksi haastattelujen tai kyselyjen pohjalta luotavien kaavioiden tai vastaavien esitystapojen tuottamiseksi. Vaadittavat työmäärä kuvataan *toiminnallisesta näkyvässä*. *Menetelmä näkyvä* keskittyy menetelmiin, joiden avulla voidaan mitata haluttua ominaisuutta. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi prosessin louhiminen, tietojen analysointi sekä haastattelut. Ominaisuutta valittaessa on varmistettava, että sen mittaaminen onnistuu valituilla menetelmillä. Esimerkiksi tietosisällön johdonmukaisuus voidaan määrittää helpommin käyttämällä tiedon analysointi menetelmää kuin haastattelua. Asiakkaan näkökulma on myös huomioitava ominaisuuksien valinnassa. Tässä lähestymistavassa asiakas oletetaan olevan organisaatio, jonka liiketoimintaprosessia analysoidaan. Asiakkaan näkyvässä ominaisuudet tärkeys asiakkaan näkökulmasta otetaan huomioon. Myös rajoitteet asiakkaan suuntaan huomioidaan. Esimerkiksi asiakkaan työntekijöiden arviointi voi olla ongelmallista. Koska Heinrichin (2014, s.39) esittämä lähestymistapa muodostaa kyselylomakkeen kyselytutkimukseen, yleisesti sovellettavat näkemykset ja kriteerit ovat rajoitettuja. Menetelmä näkyvässä huomioidaan vain ominaisuudet, joita voidaan mitata. (Heinrich 2014, s.39)

Taulukko 1 BPQRM -viitemallin ominaisuuksien valintakriteerit (Heinrich 2014, s. 41)

Näkymä	Kriteeri	Kuvaus
Kontekstinäkymä	<i>Konteksti</i>	Onko ominaisuus sopiva ja merkityksellinen kyseiseen kontekstiin?
Tulosnäköymä	<i>Ilmaisukyky</i>	Kuinka hyvin valitun ominaisuuden mittari ilmaisee ominaisuutta?
	<i>Uuden tiedon saanti</i>	Tuoko valittu ominaisuus uutta tietoa?
Toiminnallinen näköymä	<i>Työmäärä</i>	Kuinka suuren työmäärän valitun ominaisuuden mittaaminen vaatii?
Menetelmä näköymä	<i>Menetelmä</i>	Voidaanko valittua ominaisuutta mitata olemassa olevilla menetelmillä
Asiakas näköymä	<i>Tärkeys</i>	Kuinka tärkeä ominaisuus on asiakkaalle?
	<i>Rajoitteet</i>	Liittyykö valittuun rajoitteita asiakkaan näkökulmasta?

Heinrich (2014, s.40) esittää, että konteksti perusteinen tieto/tietämys standardien, ohjeiden ja käytäntöjen muodossa pidetään laatuominaisuuksien lähteinä. Valintakriteerien avulla ominaisuudet voidaan analysoida ja sopivimmat valita. Jokaisen valintakriteerin perustelut tulee dokumentoida tulevien analysointien tueksi. Heinrich (2014, s.40) suosittelee tutkimuksessaan matriisi muotoista dokumentointia niin, että valintakriteeri on toisella akselilla ja ominaisuudet toiselle akselille. (Heinrich 2014, s.40)

Vaihe 2. Kysymysten luonti:

Ominaisuuksien valinnan jälkeen niihin liittyvät kysymykset voidaan luoda. Ominaisuuksiin liittyvien kysymysten luonti tätä varten voi olla melko abstraktia, koska niiden tulee liittyä tiettyyn liiketoimintaprosessimalliin. Johtuen vahvasta kontekstiriippuvuudesta, ennen kysymysten luontia liiketoimintaprosessi on arvioitava ja kuvattava graafisessa muodossa.

Liiketoimintaprosessimallin kuvaus helpottaa kyselyyn tai haastatteluun osallistuvia ymmärtämään kysymykset hahmottamalla suorittamansa aktiviteetit, käsittelemänsä tehtävät, käyttämänsä tietojärjestelmät kuten myös liiketoimintaprosessin komponenttien väliset rajapinnat. Kyselylomakkeen ensimmäisen vaiheen tulee sisältää liiketoimintaprosessin esittelyn. Seuraavana kyselyssä keskitytään haastateltavan suorittamiin aktiviteetteihin. Heinrich (2014, s. 42) esittää tutkimuksessaan, että haastateltavan tulee merkitä aktiviteetit liiketoimintaprosessiin. Näin kyselyn konteksti täsmentyy haastateltavalle. (Heinrich 2014, s. 42-44).

Ominaisuuksiin liittyvien kysymysten luonnissa tulee huomioida kyseisen ominaisuuden mittaaminen. Ominaisuuksien tilan selvittämiseen voidaan käyttää kahden tyyppisiä kysymyksiä; kvalitatiivisia tai kvantitatiivisia. Kvalitatiivinen kysymys voi olla esimerkiksi ”Mikä ongelma liittyy kyseiseen ominaisuuteen?” ja vastaavasti kvantitatiivisia kysymyksiä voisivat olla esimerkiksi ”Kuinka monta ongelmaa kyseiseen ominaisuuteen liittyy?” tai ”Kuinka paljon aikaa kyseiseen ongelmaan menee?”. Kvalitatiivisilla kysymyksillä pyritään selvittämään liiketoimintaprosessiin liittyviä laadullisia ongelmia, mutta niiden mittaaminen on Heinrich (2014, s.43) mukaan vaikeaa. Kvantitatiiviset vastaukset antavat suoraan mitattavia suureita liiketoimintaprosessin tilasta. Niitä voidaan käyttää eri liiketoimintaprosessien tai niissä olevien komponenttien keskinäiseen vertailuun. Tämä mahdollistaa myös erilaisten ongelmien tunnistamisen. Jokaisen ominaisuuden tutkimisessa molemmat kysymystyypit ovat mahdollisia. Kvantitatiiviset kysymykset ovat yleisesti haastavia haastateltaville, joten Heinrich (2014, s.43) suosittelee välttämään kvantitatiivisia kysymyksiä aina kun on mahdollista ja muotoilemalla ne kvalitatiiviseksi kysymykseksi, jossa on kvantitatiivinen väite. Näin numero tuotetaan implisiittisesti eli tiedostamatta asiaa. Esimerkiksi haastateltavan tulee välttää kysymyksiä, joiden tarkoitus on selvittää jonkin ominaisuuden lukumäärällistä ilmenemistä liiketoimintaprosessissa vaan muotoilla kysymys niin, että haastateltava määrittää missä liiketoimintaprosessin komponenteissa on kyseinen ominaisuus. Myös tietyn ominaisuuden kiinnostavuus haastateltavan näkökulmasta tai tärkeys liiketoimintaprosessissa voidaan mitata kvantitatiivisesti. Tuloksien arviointia varten on hyvä määrittää oikea mittayksikkö, jotta haastateltava osaa antaa tarkoituksenmukaisen vastauksen. Tästä johtuen tulisi harkita liiketoimintaprosessiin liittyviksi mittauksiksi esimerkiksi suoritustaajuutta, virhemäärää tai esineiden määrää. Tämä tulisi olla määritettynä ennen

kyselyn tekemistä. Heinrich (2014, s.44) mukaan virheisiin liittyvissä kysymyksissä olisi hyvä selvittää virhetaajuutta sekä virheiden vakavuutta mahdollistaakseen virheiden priorisoinnin. (Heinrich 2014, s.42-44)

Vaihe 3. Kyselylomakkeen muodostaminen:

Kyselylomake muodostetaan asettamalla kysymyksen tarkoituksenmukaiseen järjestykseen (Heinrich 2014, s.44).

Vaihe 4. Laatuongelmien tunnistaminen:

Vaiheessa kaksi esitetyllä tavalla mahdolliset parannuskohteet nousevat suoraan esille haastateltavien vastatessa kvalitatiivisiin kysymyksiin tai kvantitatiivisten kysymysten seurauksena tehdyn vertailun tuloksena. (Heinrich 2014, s.45)

2.4 Yhteenveto: Liiketoimintaprosessi ja tietojärjestelmät

Heinrichin (2014, s.30), mukaan liiketoimintaprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan kehittää kuvaamalla liiketoimintaprosessi ja siihen liittyvät tietojärjestelmät hyödyntämällä liiketoimintaprosessin laadunviitemallin (BPQRM -viitemalli). BPQRM -viitemalli nostaa esille prosessiin ja tietojärjestelmiin liittyvät tärkeimmät laadulliset ominaisuudet. Tärkeimpien laadullisten ominaisuuksien tunnistaminen mahdollistaa kokonaisuuden kehittämisen, kehitystoimenpiteiden mittaamisen ja seurannan.

1. Miten konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Cederfeldt & Elgh (2005) mukaan suunnittelun automaatiassa hyödynnetään suunnitteluprosessin eri vaiheissa tietojärjestelmissä ja työkaluissa olevaa tietoa vaiheiden automatisointiin. Suunnitteluprosessin automatisoinnilla ja tiedon uudelleenkäytöllä voidaan parantaa prosessin tehokkuutta ja luotettavuutta. Tiedon uudelleenkäytön tehostamisella ja suunnittelun automaatiolla voidaan parantaa myös suunnittelun laatua.

2. Mitä konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?

Suunnitteluprosessilta ja siihen liittyviltä tuotemalleilta, ohjeilta sekä suunnittelujärjestelmiltä vaaditaan ymmärrettävyyttä, opittavuutta, toimivuutta ja soveltuvuutta kyseiseen tehtävään. Konfiguraatio -ohjautavalta toimintatavalta vaaditaan suunnittelutyön tehostamista esimerkiksi suunnittelun automaation ja tiedon uudelleenkäytön avulla. Tuoterakenteen ja sen ohjaamisen tulee tukea suunnitteluautomaatiota ja tiedon uudelleenkäyttöä. Jotta konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa ohjaisi suunnittelua, on tuotantokonfiguraattori liitettävä suunnitteluprosessiin varmistamaan konfiguroidun tiedon virtaaminen suunnitteluprosessissa.

3. Tehostaako konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatavalla voidaan vaikuttaa tehokkaaseen ja automaattiseen prosessin virtaukseen automatisoimalla suunnitteluprosessia. Tietojärjestelmät tarjoavat uuden teknologian ja automaation liiketoimintaprosessin kehittämiseksi ja niillä voidaan lisätä liiketoimintaprosessin hyötysuhdetta lisäämällä tehokkuutta ja luotettavuutta. Tietojärjestelmien merkittävänä etuna on kerran tallennetun tiedon uudelleenkäyttö. (Rainer & Prince 2016, s.35-40)

Valmetin käyttöönottamat uudet moduulijärjestelmän ylläpitoon liittyvät tietojärjestelmät Tacton ja Palma, suunnittelujärjestelmä Dassault Systemesin 3DEXPERIENCE Platform sekä Valmetin itse kehittämä WonderWare nimikkeen kytchentätyökalu tuovat liiketoimintaprosessin kehittämiseen uusia teknologioita.

4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Liiketoimintaprosessin kuvaamisella voidaan tunnistaa kehitystarpeita, jolloin prosessia voidaan kehittää. Jotta suunnitteluprosessia voidaan kehittää, on prosessiin liittyviä osuuksia pystyttävä mittaamaan. Liiketoimintaprosessin laadun viitemalli (BPQRM-viitemalli) mahdollistaa suunnitteluprosessin ja siihen liittyvien osuuksien laadun ja tehokkuuden mittaamisen. Viitemalli perustuu liiketoimintaprosessiin liittyvien osuuksien tärkeiden laadullisten ominaisuuksien tunnistamiseen kyselyn tai haastattelun avulla. Liiketoimintaprosessia voidaan kehittää ja mitata tunnistettujen laadullisten ominaisuuksien mukaan. Suunnitteluprosessin tehokkuutta mitataan perinteisesti myös projektikohtaisien suunnittelutuntien määrällä, mutta BPQRM-viitemalli mahdollistaa suunnitteluprosessin kehittämisen prosessiin liittyvien tärkeimpien laadullisten ominaisuuksien näkökulmasta.

3 TUOTEKONFIGUROINTI

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti tuotekonfigurointiin liittyvät yleisimmät tavat. Martion (2015, s.23) mukaan tietokoneavusteiseen tuotekonfigurointiin siirtymisellä on kaksi merkittävää syytä; konfiguroinnin nopeus ja laadukkaampi tulos. Automatisoidulla konfiguroinnilla voidaan saavuttaa jopa 1000 -kertainen tuottavuuden nousu käsin tehtyyn suunnittelutyöhön verrattuna mikä tarkoittaa normaalisti kolmen tunnin työn pienenemistä tietokoneen tekemään kymmenen sekunnin työhön. Konfiguroinnin tulos määräytyy konfigurointimallin mukaan, jolloin samoista lähtöarvoista saadaan aina sama tulos. Yleinen käytäntö on jakaa konfigurointiprosessi kahteen vaiheeseen; myyntiin ja tuotantoon tai toimitukseen. Tällä tavoitellaan tuotteiden sekä konfigurointimallien hallittavuutta. Myyntikonfiguroinnissa hallitaan tuoteominaisuuksia ja niiden välisiä riippuvuuksia, kun taas tuotantokonfiguroinnissa manipuloidaan tuoterakennetta myyntikonfiguroinnista saadun ominaisuusyhdistelmän mukaiseksi. (Martio 2015, s.23)

3.1 Myyntikonfigurointi

Myyntikonfiguroinnissa tavoitteena on löytää tuotetarjoamasta parhaiten asiakkaan tarpeisiin soveltuva konfiguraatio eli lista variantteja, jotka täyttävät halutut ominaisuudet. Syitä myyntikonfiguraattorien käyttöön on tarjousten tekoajan pienentyminen sekä inhimillisten virheiden vähentäminen automaation avulla. Inhimilliset virheet ovat yleisiä etenkin monimutkaisiin tuotteisiin liittyvässä tarjousprosessissa. Myyntikonfiguroinnissa asiakkaan haluamat ominaisuudet, hinta ja toimitusaika ovat tärkeämpiä kuin tuotteen komponentit tai moduulit. (Martio 2015, s. 25-26).

3.2 Tuotantokonfigurointi

Tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on generoida toimitusketjun vaatima tieto asiakkaalle myydystä konfiguraatiosta. Tuotantokonfiguroinnissa tuotetaan toimitusprosessin tarvitsemat tuoterakenteet nimikkeineen sekä valmistusparametrit muunneltaville osille. Lisäksi tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on valita, generoida ja liittää tuotannon tuoterakenteeseen sen tarvitsema dokumentaatio sekä jälkimarkkinoinnin yksilörakenteeseen tiedot varaosista, käyttö-, asennus- ja purkuohjeet sekä ennaltaehkäisevän huollon ohjeet. Tuoteyksilö on tietyn

konfiguraation pohjalta tuotettu erillinen rakenne. Tämä mahdollistaa saman konfiguraation hyödyntämistä useamman tuoteyksilön generoimiseen. Tuotantokonfiguraattori voi myös tuottaa parametrit CAD -järjestelmässä olevaan tuoterakenteeseen ja variantteihin. Tuotantokonfigurointi voidaan myös tarvittaessa tehdä useammassa vaiheessa, jolloin ensimmäisessä vaiheessa luodaan valmistuksen tarpeisiin suunnittelurakenteen mukainen varianttirakenne ja toisessa vaiheessa generoidaan lopullinen asiakkaalle menevä yksilörakenne suunnittelun varianttirakenteesta, jolloin generoidaan rakenteeseen yksilökohtainen varaosarakenne. (Martio 2015, s.35-36)

3.3 Dokumenttien ja muiden tiedostojen konfigurointi

Dokumentteja voidaan konfiguroida monella eri tasolla. Yksinkertaisin ja tehokkain tapa valita tuotevariantteihin liittyvät dokumentit ennalta suunniteltujen dokumenttien joukosta. Tässä voidaan käyttää samaa periaatetta, kun kokoonpanon osien valinnassa. Usein myös dokumenttien sisältöä halutaan muuttaa. Tekstimuotoisia dokumentteja voidaan rakentaa valmiista teksti komponenteista erillisen dokumenttimallin ja konfiguraattorin tuottamien parametrien avulla. Tähän tarvitaan erillisiä työkaluja, joilla pystytään manipuloimaan dokumenttitiedostoa. Monimutkaisempi dokumenttien manipulointi mahdollistaa dokumenttirakenteen kappaleiden, kappaleiden sisällön ja kuvien muuttamisen. Näissä konfiguraattorin tukena on XML-pohjaisia (Extensible Markup Language), julkaisujärjestelmiä (CAP, Computer Aided Publishing) tai PDF-tiedostoja tuottavia LaTeX-järjestelmiä. Näissä mallipohjissa on monimutkaisia ehtoja sisällön manipulointiin sekä älykkäitä sisällön hakutoimintoja konfiguraation tietomassaa varten. (Martio 2015, s.39-40)

3.4 Yhteenveto: Tuotekonfigurointi

Tietokoneavusteiseen tuotekonfigurointiin siirtymisellä on kaksi merkittävää syytä; nopeus ja konfiguroinnin laadukkaampi tulos. Konfiguroinnin tulos määräytyy konfigurointimallin mukaan, jolloin samoista lähtöarvoista saadaan aina sama tulos. Yleinen käytäntö on jakaa konfigurointiprosessi kahteen vaiheeseen; myyntiin ja tuotantoon tai toimitukseen. Tällä tavoitellaan tuotteiden sekä konfigurointimallien hallittavuutta. Myyntikonfiguroinnissa hallitaan tuoteominaisuuksia ja niiden välisiä riippuvuuksia, kun taas

tuotantokonfiguroinnissa manipuloidaan tuoterakennetta myyntikonfiguroinnista saadun ominaisuusyhdistelmän mukaiseksi. (Martio 2015, s.23)

Tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on generoida toimitusketjun vaatima tieto asiakkaalle myydystä konfiguraatiosta. Tuotantokonfiguroinnissa tuotetaan toimitusprosessin tarvitsemat tuoterakenteet sisältäen nimikkeet, parametrit sekä tarvittavan dokumentaation. (Martio 2015, s.23-36)

1. Miten konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Tuotekonfiguroinnilla voidaan tehostaa suunnittelutyötä ja parantaa sen laatua. Se poistaa käyttäjän vaikutuksen myynti- ja tuotantokonfiguraatiosta, jolloin tiedon uudelleenkäyttö tehostuu. Tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on generoida toimitusprosessin tarvitsema tuoterakenne nimikkeineen ja parametreineen.

2. Mitä konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?

Konfiguraatio -ohjautuvassa toimintatavassa tuoterakenteen tulee tukea tuotantokonfiguraattorilla tuotettua tietoa tarvittavan suunnitteludokumentaation tuottamiseksi. Tuoterakenteen tulee tukea valmiiden tuotevarianttien tehokasta uudelleenkäyttöä sekä parametrusten varianttien manipulointia tuotantokonfiguraattorin generoimien parametrien avulla.

3. Tehostaako konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Tuotekonfiguroinnilla voidaan saavuttaa merkittävä tuottavuuden nousu käsin tehtyyn suunnittelutyöhön nähden. Yksinkertaisin ja tehokkain tapa tehostaa suunnittelua on valita tuotevariantteihin liittyvät dokumentit ennalta suunniteltujen dokumenttien joukosta. Tämä on myös suunnittelun kannalta tehokkain tiedon uudelleenkäytön tapa. Monimutkaisemmalla dokumenttien manipuloinnilla ja suunnittelun automaatiolla voidaan mahdollistaa dokumenttirakenteen kappaleiden, kappaleiden sisällön ja kuvien muuttamisen.

4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata valmiiden varianttien käyttöasteella sekä tilastoimalla konfiguraatioiden tulostiedot. Esimerkiksi parametrusten varianttien toistuvien parametrien tunnistamisella voidaan mahdollisesti yksinkertaistaa tuoterakennetta ja siihen liittyvää suunnitteluprosessia luomalla toistuvimmista parametrikombinaatioista valmiita variantteja.

4 KONFIGUROITUVAN TUOTTEEN SUUNNITTELU

Tässä luvussa käsitellään konfiguroituvan tuotteen suunnitteluun liittyvää teoriaa. Ensimmäisenä esitellään tuoteperheen spesifikaation määrittäminen. Seuraavana käsitellään tuotearkkitehtuurin määrittäminen, tuotteen räätälöinnin astetta ja tuotteen modulointia sekä siihen liittyvien valintasääntöjen määrittäminen. Viimeisenä esitellään lyhyesti yleisimmät konfigurointimallit. Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu ei poikkea merkittävästi kiinteän tuotteen suunnittelusta. Suurimpana erona tai lisätyönä kiinteän tuotteen suunnitteluun on konfigurointimallin luonti. Kiinteän tuotteen kehityksessä ja suunnittelussa tuotetaan tuotemalli, joka kuvaa tuotteen yhden konfiguraation 3D -malleineen ja tarvittavineen dokumentaatioineen. Konfiguroituvan tuotteen tuotemallin suunnittelussa huomioidaan koko tuoteperheen tuotevariaatiot, joista valitaan konfiguroimalla kullekin asiakkaalle heidän tarpeisiin parhaiten sopiva konfiguraatio eli halutun tuotteen valmistamiseen tarvittava kombinaatio tuoteperheen variantteja. (Martio 2015, s.187)

Asko Martion (2015, s.187) mukaan konfiguroituvan tuotteen suunnittelu voidaan jakaa alla olevan listan mukaisesti seitsemään vaiheisiin, mutta tutkimuksen kannalta ensimmäiset viisi vaihetta liittyvät projektisuunnitteluun.

1. Tuoteperheen spesifikaation ja parametrien määrittäminen
2. Tuotearkkitehtuurin määrittäminen
3. Tuotemodulointi – alikokoonpanojen määrittäminen
4. Tuoteperherakenteen määrittäminen
5. Komponenttien valintasääntöjen määrittäminen
6. Myyntimallien määrittäminen
7. Tuotemallien verifiointi ja testaus

4.1 Tuoteperheen spesifikaation määrittäminen

Tuoteperheen spesifikaation määrittäminen on konfiguroituvan tuotteen suunnittelun ensimmäinen vaihe. Määrittämisessä kuvataan kehitettävä tuoteperhe. Tuoteperheeseen vaikuttavat monet asiat, kuten yhteinen tuotantolinja, yhteiset osat sekä tietty asiakassovellus ja teknologia. Selkein näistä jakoperusteista on tiettyyn asiakassovellukseen ja teknologiaan liittyvät perusteet. Yleisesti voidaan todeta, että tuoteperheen määrittäminen alkaa vaadittavista asiakasominaisuuksista, jota täydennetään yrityksen käyttämällä teknologialla, yrityksen sisäisillä prosesseilla sekä organisaatiosta johtuvilla vaatimuksilla. (Martio 2015, s. 188)

Asko Martion (2015, s. 188) mukaan tyypillisiä tuotteen vaatimusryhmiä ovat:

Yleiset ominaisuudet: Tuotteen tausta, tehtävä ja toiminnot sekä asema yrityksen tuotevalikoimassa

Myynnilliset ominaisuudet: Asiakasryhmät, kilpailutilanne, markkina-alue ja katetavoite

Suorituskyky: Suorituskykyarvot, käyttöastetavoite, kapasiteetti, energian kulutus, käyttörajoitteet, keskimääräinen vikaväli ja elinaikaennuste

Teknilliset ominaisuudet: Geneerinen rakenne, päämoduulit, uudelleen käytettävät moduulit, asemointikaavio, tärkeimmät dimensiot (mitat ja massat) sekä tarvittavat uudet teknologiat

Visuaaliset ominaisuudet: Värit ja muodot

Liittymämäärittelyt: Tärkeimmät sisäiset sekä ulkoiset rajapinnat

Käyttö- ja ylläpitovaatimukset: Käyttö- ja ylläpitohenkilökunnalta vaadittava koulutus, huoltoaikataulu

Täytettävät viranomaismäärittelyt: EU-säädökset, ISO-, teollisuus- ja yritysstandardit

Ympäristövaatimukset: Syöttöenergialta vaadittavat toleranssit, lämpötila, värinä- ja iskukestävyys, varastointivaatimukset, asennuksen vaatimat olosuhteet ja tilat

Vaatimukset tuotteen tuottamille häiriöille: Melu, sähköverkkoon aiheutuvat häiriöt, sähkömagneettinen säteily, tuotteen aiheuttama lämpökuorma

Dokumenttivaatimukset: Käyttöohjeille, valmistus-, asennus-, varaosa-, vianetsintä- ja huoltodokumentaatiolle asetettavat vaatimukset

Hinta- ja kustannusvaatimukset: Suunnittelu-, hankinta- ja valmistuskustannukset eli myytyjen tavaroiden kustannukset (cogs = cost of goods sold)

Laatuvaatimukset: Vaatimukset testaukselle ja riskienhallinnalle

Valinnaiset ja vaihtoehtoiset toiminnot: Luettelo optio-ominaisuuksista, niiden sallituista arvoista ja arvojen välisistä rajoitteista

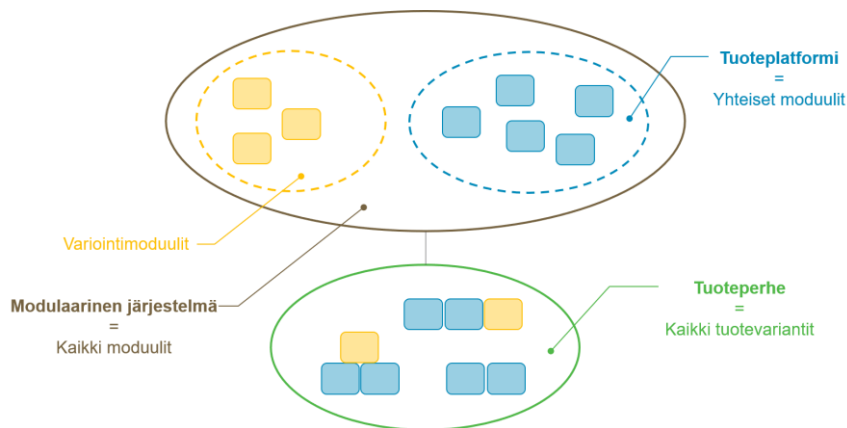
Vaatimukset tuotteeseen liittyville prosesseille: Aikataulu- ja laadulliset vaatimukset eri prosesseille, kuten tuotekehitykselle, suunnittelulle, pilotoinnille, valmistukselle, pakkaukselle, asennukselle, huollolle, hajotukselle sekä kierrätykselle.

Tuoteperheen spesifikaation määrittämiselle on suuri merkitys tuotteiden liiketaloudellisen onnistumisen kannalta. Tehtävien määritysten laajuus riippuu tuotteesta ja yksinkertaisimmillaan se voi olla yhden sivun mittainen ja laajimmillaan useiden satojen sivujen laajuinen. Tuotteen menestymisen perustana on, että tuotespesifikaation luonnissa huomioidaan kaikkien sidosryhmien tarpeet. Tuotekehitys on avainasemassa tuotespesifikaation määrittämisessä, mutta myynti ja tuotanto ovat myös tärkeimpiä sidosryhmiä. Nykyisen vahvasti asiakaspalveluun ympärille rakentuvassa liiketoiminnassa jälkimarkkinointi, kuten huolto- ja varaosatoiminta sekä asiakkaat ovat tärkeitä sidosryhmiä määrittämisessä. Tuotespesifikaation määrittämiseen asiakkaat eivät aina pysty antamaan lisäarvoa, koska heillä on monesti rajallinen tietämys ja ymmärrys tuotteeseen liittyvistä kompleksisista teknologisista rajoitteista ja niiden kokonaisvaikutuksista tuotteeseen. (Martio, 2015s.187-189)

4.1.1 Modulaarinen tuoteperhe

Österholmin ja Tuokon mukaan (2001, s.12), modulaaristen tuoteperheiden suunnittelu perustuu yleensä tuoteperheeseen kuuluvan ydinteknologian eli tuoteplatformin tehokkaaseen hyödyntämiseen uusien johdannaistuotteiden tuottamisessa. Tuoteplatformi on geneerinen rakenne, joka sisältää tuoteperheelle yleiset moduulit sekä eri tuotteiden luomiseen vaadittavat variointimoduulit. Kuva 7 esittää modulaarisen järjestelmän, tuoteplatformin ja tuoteperheen

välistä suhdetta. Tuoteperhe on ryhmä tuotteita, jotka vastaavat ominaisuudellaan ja toiminnallaan tiettyä asiakastarvetta. Tuoteperheen jokainen tuote on generisen tuotteen tuotevariantti ja instanssi. Kaikki tuoteperheeseen kuuluvat tuotevariantit jakavat saman generisen tuoterakenteen sekä teknologian, jotka muodostavat tuoteplatformin. (Jiao et al. 2007, s.7-8)



Kuva 7 Modulaarinen järjestelmä, tuoteplatformi ja tuoteperhe (Österholm & Tuokko, 2001)

4.1.2 Tuoteparametrien määrittäminen

Tuotespesifikaation määrittäminen on sovellettavissa niin kiinteille kuin konfiguroitaville tuotteille. Suurin ero liittyy tuotteen ominaisuuksiin. Konfiguroitavassa tuotteessa on määritettävä mitkä ominaisuudet vaikuttavat tuotteen rakenteeseen sekä useimmiten myös kustannuksiin. Tuotteeseen voi liittyä kiinteitä ja vaihtoehtoisia tai valinnaisia ominaisuuksia. Jos kyseinen ominaisuus liittyy valmistukseen, on se määritettävä parametriksi. Tietyn ominaisuuden määrittäminen vakioksi, optioksi tai poisjätettäväksi ei ole aina helposti perusteltavissa. (Martio 2015, s.188)

Tuotespesifikaation määrittelyvaiheessa tuoteominaisuuksien niputtamista parametreilla tulisi välttää, vaikka ne myynnillisesti kuuluisivatkin samaan joukkoon. Jos yritys on toiminut pitkään tietyllä toimialalla, on sillä yleensä hyvä käsitys asiakastarpeista. Tämä helpottaa tuoteavaruuden laajentamista siirtymällä konfiguroitaviin tuotteisiin. Tuoteominaisuuksien

vakiointi on järkevää tunnettaessa toimialalla olevat asiakkaat. Esimerkiksi jos oletetaan 80 prosenttia asiakkaista valitsevan aina tietyn ominaisuuden x , on järkevää määrittää ominaisuus vakioksi. Ominaisuuden vakioimisen lisäkustannus tulisi silti aina arvioida. (Martio 2015, s.190-191)

Martio (2015, s.191) suosittelee, että kaikista tuoteperheen spesifikaatioon liittyvistä parametreista on kirjattava seuraavat tiedot: tunniste eli parametrin nimi, tyyppi, sallitut arvot tai arvoalue, sallittujen arvojen kuvaukset sekä arvoihin liittyvät rajoitteet.

4.2 Tuotearkkitehtuurin määrittäminen

Tuotearkkitehtuuri on avainasemassa valmistavan teollisuuden päätöksenteossa ja tehokkuudessa. Tuotearkkitehtuurilla on suuri merkitys tuotteen eri nimiketietojen kuten kustannusten, läpimenoaikojen, varaosasuositusten tehokkaammassa kohdentamisessa ja hallinnassa. Myös monimutkaisten rakenteellisten ongelmien hallintaan oikeanlainen tuotearkkitehtuuri tuo tehokkuutta. (Shamsuzzoha, A.H.M. & Helo, P. 2012, s.173)

Tuotearkkitehtuuri määrittelee, kuinka tuote jaetaan fyysisiin komponentteihin. Tästä syystä tuotearkkitehtuuri liittyy vahvasti modulointiin. Tuotearkkitehtuureja on kahdenlaisia; modulaarisia ja integraalisia tuotearkkitehtuureja. Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla tavoitellaan yksittäisen tuotteen sijasta tuoteperheen varioituvuuden lisäämistä. (Martio 2015, s.198)

Modulaarisessa arkkitehtuurissa yksi fyysinen komponentti toteuttaa vain yhden tuoteominaisuuden tai toiminnon ja komponenttien välillä on purettavat rajapinnat. Integraalinen arkkitehtuurissa yksi komponentti voi toteuttaa useamman kuin yhden tuoteominaisuuden tai toiminnon ja komponenttien välillä voi olla sekä purettavia, että kiinteitä rajapintoja. (Ulrich 1993, s.422)

Tuotteen arkkitehtuuria tai rakennetta voidaan pitää määrävänä tekijänä tuotevalikoiman ja valmistuksen yhdistämisessä. Tuoterakennetta voidaan käsitellä kolmella eri tasolla: tuotevalikoima, tuote tai komponentti tasoilla. Modulaarisen tuoterakenteen perusominaisuuksia ovat, että moduulit toteuttavat yhtä tai useampaa toimintoa sekä moduulien väliset vuorovaikutukset ovat tarkasti määriteltyjä ja välttämättömiä tuotteen

perustoiminnoille. Modulaarinen tuoterakenne muodostuu yrityskohtaisien syiden ja teknisten ratkaisujen yhdistelmänä. Yrityskohtaiset syyt perustuvat yrityksen strategiaan. Syitä tuotteiden jakoon moduuleihin kutsutaan modulointia ohjaaviksi tekijöiksi (Module Drivers). Halutun toiminnon toteuttamiseksi tarvitaan jokin konkreettinen ratkaisu. Näitä ratkaisuja kutsutaan teknisiksi ratkaisuksiksi (Technical Solution). (Österholm & Tuokko, 2001)

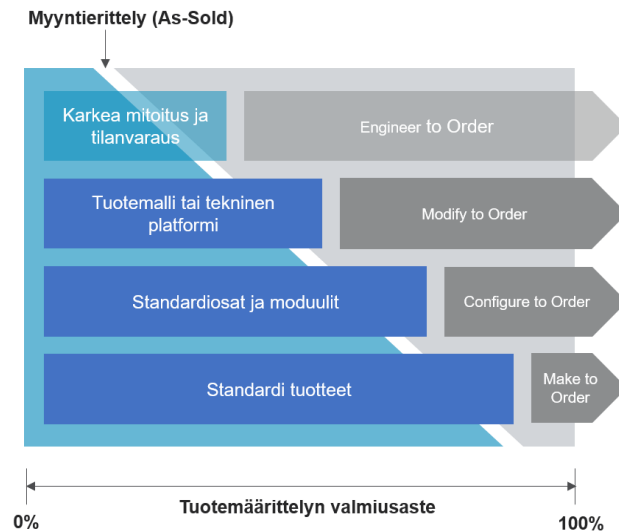
Konfiguroituvat tuotteet voidaan ryhmitellä kolmeen eri tyyppiseen modulaarisen järjestelmän tyyppiin: paikka (slot), väylä (bus) ja palapeli (sectional). Paikka modulaarisuudessa jokainen moduuli on kiinnitetty tiettyyn kohtaan vakioidulla rajapinnalla. Paikka modulaarisuus voidaan jakaa neljään alityyppiin: 1. yhteinen komponentti (component sharing), 2. vaihtoehtoinen komponentti (component swapping), 3. leikkaus (cut-to-fit) sekä 4. sekoitus (mix) modulaarisuudeksi. Leikkaus modulaarisuus on ominaisuudelta parametrisoituva, jossa rajapinnat pysyvät vakioina, mutta sen moduulin dimensiot voivat muuttua. Väylämodulaarisuudessa on mahdollista lisätä erilaisia moduuleja olemassa olevaan perusrakenteeseen. Lohkomodulaarisuudessa moduuleilla on vakioidut rajapinnat ja niitä voidaan yhdistellä usealla tavalla. (Jenssen et al.2012 & Martio 2015)

4.3 Tuotteen räätälöinnin aste

On olemassa neljä myynti-toimitusprosessiin liittyvää tuotemääritysprosessia, jotka vaikuttavat tuotteen suunnittelun toteutukseen. Suunnitellaan tilauksesta EtO (Engineer-to-Order), muokataan tilauksesta MtO (Modify-to-Order), konfiguroidaan tilauksesta CtO (Configure-to-Order) sekä valmistetaan tilauksesta MtO (Make-to-Order) tai kokoonpannaan tilauksesta AtO (Assemble-to-Order). (Cederfeldt & Elgh 2005 ja Willner et al. 2011)

Suunnitellaan tilauksesta EtO (Engineer-to-Order) on eniten suunnittelua sisältävä tuotemääritysprosessi. Tilauksen yhteydessä asiakas on määrittänyt tuotteelle laadulliset ja suorituskyvylliset ominaisuudet. Muokataan tilauksesta (MtO, Modify-to-Order) perustuu olemassa olevaan tuotemalliin tai tekniseen platformiin, josta räätälöidään asiakkaan vaatimusten mukainen tuote. Konfiguroidaan tilauksesta (CtO, Configure-to-Order) tuotemääritysprosessissa tuote rakentuu moduuleista ja standardi osista, jotka konfiguroidaan asiakasvaatimusten mukaisesti. Standardi tuotteiden kanssa käytettävä

tuotemäärittelyprosessi on ”valmistetaan tilauksesta” MtO (Make-to-Order). (Jenssen et al. 2012, s.2)



Kuva 8 Eri tuotemäärittelyprosessien tuotemäärittelyjen valmiusaste

4.4 Tuotteen modulointi ja alikokoonpanojen määrittäminen

Modulaarisuus on tuotteiden massakustomointi strategia, jota on onnistuneesta käytetty erilaisessa teollisuudessa. Kun kompleksinen järjestelmä jaetaan pienempiin osiin tai moduleihin, sen kompleksisuus yleensä pienenee. Tuotteen modulaarisuudessa on kaksi tärkeää tekijää: moduuleiden itsenäisyys sekä moduulien rajapinnat. Modulaarisuuden tärkein etu on, että lopullisen tuotteen muoto ja ominaisuudet voivat vaihdella, vaikka tuoteperheeseen kuuluvien moduulien ja komponenttien suunnittelu ja valmistus pysyvät samana. (Jenssen et al. 2012, s. 2)

Modulaarisuudessa tavoitteena on mahdollisimman suuri vakiokomponenttien lukumäärä ja tuotevariaatioiden parempi hallittavuus. Moduloinnilla ei pyritä pienentämään asiakkaille näkyvää tuotetarjoamaa kuten standardoinnissa tehdään, vaan rajaamaan tuotteiden varioiminen strategisesti tärkeisiin ominaisuuksiin, jolloin tuoteperheen hallittavuus parane. (Österholm & Tuokko 2001, s.13)

4.4.1 Modulointiin vaikuttavat tekijät (module drivers)

Modulointiin vaikuttavat tekijät ovat tuotteessa olevien teknisien ratkaisujen sekä yrityksen strategiassa olevien modulointiin vaikuttavien tekijöiden kombinaatioita. Lisäksi yrityksillä voi olla omia strategisia, taloudellisiin rajoituksiin tai viranomaismäärittämiin perustuvia syitä moduulien muodostamiseen. Modulointiin vaikuttavia tekijöitä voidaan ryhmitellä tunnistamalla niiden väliset samankaltaisuudet sekä ristiriidat. Ryhmittelyä voidaan helpottaa sijoittamalla vastakkaiset modulointiin vaikuttavat tekijät mitta-asteikkoon. (Österholm & Tuokko 2001, s.13-14)

Taulukko 2 Yleiset modulointia ohjaavat tekijät (Österholm & Tuokko, 2001, s.14)

Suunnittelu ja tuotekehitys	
<i>Carry-over, Tuoteominaisuuksien siirto seuraavaan tuotesukupolveen</i>	Yksikkö, jota voidaan käyttää uudelleen tulevissa tuotesukupolvissa tai jota voidaan käyttää myös muissa tuoteryhmissä
<i>Technical evolution / Technical push, Tekninen kehitys (ulkoinen)</i>	Yksikkö, jonka teknologiaan on odotettavissa muutoksia tuoteperheen elinkaaren aikana
<i>Planned design changes / Product planning, Tuotteeseen suunnitellut muutokset (sisäinen)</i>	Yksikkö, johon on suunniteltu tehtäväksi jotain muutoksia yrityksen sisäisen suunnitelman mukaisesti
Varioituvuus	
<i>Technical specification, Tekninen variointi</i>	Yksikkö, jonka toiminnot tai suorituskyky vaihtelevat tuoteperheen tuotteiden välillä
<i>Styling, Ulkonäöllinen variointi</i>	Yksikkö, jonka väri ja/tai muoto vaihtelevat tuoteperheen tuotteiden välillä
Valmistus	
<i>Common unit, Yhteinen yksikkö</i>	Yksikkö, jota käytetään läpi tuoteperheen
<i>Process / Organization, Tuotantoprosessi / Organisaatio</i>	Yksikkö, jonka valmistuksessa tarvitaan erityisiä valmistusmenetelmiä tai joka on sopiva työkokonaisuus hallittavaksi valmistuksen tai logistiikan näkökulmasta.
Laatu	
<i>Separate testing, Erillinen testaus</i>	Yksikkö, jonka toiminta voidaan testata tai pitäisi testata erillisenä ennen loppukokoonpanoa
Alihankinta	
<i>Supplier available, Soveltuva toimittaja saatavilla</i>	Yksikkö, joka voidaan tilata alihankkijoilta. Sille on olemassa erikoistunut toimittaja, joka voi toimittaa sen "mustana laatikkona" yksittäisien osien sijaan.
Myynnin jälkeinen palvelu	
<i>Service / Maintenance, Huolto / kunnossapito</i>	Yksikkö, jonka pitää olla helposti huollettavissa tuotteen eliniän aikana esim. voittuessaan helposti vaihdettavissa
<i>Upgrading, Parannus / Päivitys</i>	Yksikkö, joka voidaan korvata toisella erilaisten toimintojen tai paremman suorituskyvyn aikaansaamiseksi.
<i>Recycling, Kierrätys</i>	Yksikkö, johon pitää kiinnittää erityistä huomiota tuotetta hävitettäessä, koska se sisältää ongelmajätettä tai muuta haitallista ainetta tai koska sen sisältämät aineet ovat helposti kierrätettävissä.

4.4.2 Modulaarisuuden edut ja haitat

Modulaarinen tuote mahdollistaa tuotteen suunnittelun ja valmistuksen nopeammat läpimenoajat. Tehokkuuden paraneminen johtuu modulaarisuuden mahdollistamasta tiedon uudelleen käytön tehostumisesta. Valmiiden ratkaisujen eli varianttien toistaminen ja tuotteeseen liittyvien teknisten ratkaisujen toistaminen lyhentävät suunnittelun ja valmistuksen läpimenoaikoja. Modulaarisuus mahdollistaa tuotteeseen liittyvien haasteiden jakamisen pienempiin alihaasteisiin, joka vähentää valmistuksen monimutkaisuutta ja parantaa tuottavuutta säästämällä aikaa ja resursseja. Monet yritykset ottavat käyttöön modulaarisen tuoterakenteen tukeakseen tarvetta luoda hallitummin ja helpommin uusia varianteja. Yksittäiset moduulit ovat erikseen testattuja ja validoituja tietyn toiminnon vaatimusten mukaan. (Shamsuzzoha 2011, s. 27-28)

Modulaarisuudesta puhuttaessa siihen liittyvät edut nousevat helposti esiin, mutta siihen liittyy myös joitakin haittoja. Merkittävimpänä haittana modulaarisuudessa on tuotevariantit sisältävän modulaarisen alustan kehittämisen vaatima suuri työmäärä. Lisäksi modulaarisen rakenteen suunnittelu on haastavampaa kuin yksittäisen projektikohtaisen rakenteen ja etenkin yksittäisessä toimituksessa sen tuoma kokonaisoptimoitu ratkaisu ei tuo merkittävää etua suorituskyvyssä osatimoiutuun ratkaisuun nähden. Myös moduulien ja varianttien kehitys ja suunnitteluvastuiden jakaminen eri suunnitteluryhmille tai yksiköille johtaa puutteelliseen moduulirakenteen ja toimintojen määrittämiseen. Edellä mainitut asiat johtavat matalan tehokkuuden tuotteeseen, joka voi johtaa loppuasiakkaan tyytymättömyyteen ja tuotteen kilpailukyvyn heikkenemiseen. Moduulijärjestelmän kehittämisessä ja suunnittelussa vaaditaan myös syvää tuntemusta tuotteesta sekä siihen liittyvistä yrityksen sisäisistä prosesseista. Myös modulaarisen tuotteen ominaisuuksien kommunikointi yrityksen sisällä sekä asiakas rajapintaan tulee kytkeytyä vahvasti tuotteeseen ja sen ominaisuuksiin. Asiakasrajapinnassa puutteellisesti kommunikoidut tuoteominaisuudet voivat johtaa asiakastyytyväisyyden heikkenemiseen. (Shamsuzzoha 2011, s.28)

Tuotteen konfigurointi on tehokas tapa rakentaa tuotteita vakioiduista osista. Konfigurointi on myös hyvä tapa esitellä tuotteen eri vaihtoehtoja asiakkaalle. Lisäksi konfigurointi lisää yrityksen sisäistä tietämystä tuotteen sovellusalueesta ja tarjoamasta, jolloin myynnillä, suunnittelulla, hankinnalla ja valmistuksella on yhtenevä näkemys tuotetarjoamasta. (Shamsuzzoha 2011, s.28)

4.5 Komponenttien valintasääntöjen määrittäminen

Parametripohjainen konfigurointimalli perustuu ns. maksimirakenteeseen tai ”150% rakenteeseen”. Tämä tarkoittaa, että kullakin kokoonpanotasolla on kaikki mahdolliset, sillä kokoonpanotasolla ilmenevät osat. Maksimirakenteesta ei kuitenkaan ilmene osien vaihtoehtoisuutta tai tarkempia sääntöjä eri kombinaatioiden luomiseen. (Martio 2015, s.212)

Konfigurointimallin luominen maksimirakenteesta vaatii konfigurointisääntöjen lisäämisen. Niiden mukaan maksimirakenteesta valitaan tietty valintasäännön täyttävä variantti. PALMA-tuotearkkitehtuurin elinkaaren hallintatyökalussa valintasäännöt määritetään matriisimuodossa. PALMA -työkalun konfigurointi perustuu valintasäännöt täyttävän rivin löytämiseen kunkin moduulin varianttimäärittämisestä (Module Variant Specification, MVS). Matriisimuoto selkeyttää visuaalisesti kunkin variantin valintasääntöjä. Esimerkiksi D1050 kokoluokan Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan käyttöpään (Drive Side) laakeripesän valun variantin (RM0003.3) valitsemiseen tarvitaan kolmen valintasäännön toteutuminen:

SymRoll_Type = ZLig

SymRoll_DimDiameter = 1050

DriveSide_TendingSide = DriveSide

Module Variant Specification				Code Product Properties		
Code	Modules	Launch Wave	SymRoll_Type	SymRoll_DimDiameter	DriveSide_TendingSide	
			GPP003	PP001	PP009	
			U/L	[mm]		
			U/L	U/L		
			V	V	V	
			3	4	2	
RM0003	BearingPedestalCasting					
0	none	Initial Project				
1	D1050 TSBearingPedestalCasting	Initial Project	ZLig	1050	TendingSide	
3	D1050 DSBearingPedestalCasting	Initial Project	ZLig	1050	DriveSide	
2	D1220 TSBearingPedestalCasting	Initial Project	ZLig	1220	TendingSide	
4	D1220 DSBearingPedestalCasting	Initial Project	ZLig	1220	DriveSide	

Kuva 9 Laakeripesän valun moduuli varianttimäärittäminen (MVS)

Myös eri tyyppiset koko moduulijärjestelmään vaikuttavat skenaariot eli järjestelmätason valintasäännöt mallinnetaan PALMA -työkalussa matriisimuotoon. Esimerkiksi kuvassa 9 esitettyssä Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan akselin poikkileikkausprofiilin samankaltaisuutta määrittelevässä järjestelmäominaisuus matriisissa (System Property Matrix, SPM) pakotetaan kaikki projektiin menevät akselit samanlaisiksi maksimaalisen toistuvuuden varmistamiseksi. Näin akselin valinnan kannalta kriittisin kenkäpuristin nippi määrittää kaikkien nippien akselit.

System Property Editor									
			Product Properties						
Code	Product Properties	Launch Wave	GPP004	GPP005	PP014	PP014	PP014	PP014	PP014
			NumberOf_ShoeNipsInPressConcept	NumberOf_SpareRolls	SymRoll_Beam_CrossSection [1]	SymRoll_Beam_CrossSection [2]	SymRoll_Beam_CrossSection [3]	SymRoll_Beam_CrossSection [4]	SymRoll_Beam_CrossSection [5]
Unit									
Scope	U/L	U/L	U	U	U	U	U	U	U
Property class	-	-	V	V	V	V	V	V	V
Number of Values	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Code	Product Properties	Launch Wave							
PP184	Beam_CrossSection_Commonality_Scenarios		X	X					
	Light	Initial Project	1; 2; 3	0; 1; 2	Light	Light	Light	Light	Light
	Heavy	Initial Project	1; 2; 3	0; 1; 2	Heavy	Heavy	Heavy	Heavy	Heavy

Kuva 10 Akselin samankaltaisuutta ohjaava järjestelmäominaisuus matriisi (SPM)

4.6 Konfigurointimallit

Konfigurointimalleja on monenlaisia. Konfigurointimallit voidaan jakaa tuotanto-, myynti- ja palvelukonfiguraattoreihin. Myyntikonfiguraattorin tehtävänä on nimensä mukaisesti tukea myyntiä eli helpottaa myyntityötä antamalla applikointiohjeiden rinnalle selkeä käyttöliittymä ja mahdollistamalla vakioformaattissa olevan myyntierittelyn tuottaminen. Myyntikonfiguraattori vähentää myös henkilöriippuvaisuutta, jolloin kaksi toisistaan tietämätöntä henkilöä päätyvät samoilla lähtötiedoilla samaan konfiguraatioon. Tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on tuottaa toimitusketjun eri vaiheisiin tarkempaa tietoa, kuten valmiita osaluetteloita, 3D -tuotemallien parametritietoja, eri mitoitusvälineiden vaatimia lähtötietoja tai valmiita lähtötietoja muille sidosryhmille. Joissain tapauksissa tuotanto konfigurointimalli voi tuottaa myös tuotannon reititys ja vaiheiden kestot, jota voidaan käyttää tuotannon suunnittelussa ja tuotannon hienokuormituksen lähtötietona. Myös kustannusmalli voidaan integroida konfigurointimalliin, jolloin tarjouksen mukainen rakenne ja kustannusrakenne saadaan samasta rakenteesta. (Martio 2015 s. 203-255)

4.7 Yhteenveto: Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu

Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu ei poikkea merkittävästi kiinteiden tuotteiden suunnittelusta. Poikkeuksena on konfigurointimallin luonti sekä tuoteperheen kaikkien tuotevariaatioiden huomioiminen tuotemallissa. Tuoteperheen spesifikaation määrittämisellä pyritään vastaamaan tuoteperheeltä vaadittaviin asiakasvaatimuksiin. Määrittämisellä on suuri merkitys tuotteen selkeän sovellusalueen sekä siihen liittyvän myynti -toimitusprosessin määrittämiseen. Suunnitteluprosessin kannalta merkittävimmät tuotemääritykset ovat geneerinen rakenne, moduulijako, tuotteen elinkaaren aikaiset vaatimukset dokumentaatiolle, mahdolliset optio -ominaisuudet sekä tietenkin itse prosessille asetetut laadulliset ja aikataululliset vaatimukset. (Martio 2015, s.187)

Tuotearkkitehtuurilla on merkittävä vaikutus tuotteen eri nimiketietojen tehokkaammassa kohdentamisessa ja hallinnassa. Tuotearkkitehtuureja on kahdenlaisia; modulaarinen ja integraalinen tuotearkkitehtuuri. Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla tavoitellaan yksittäisen tuotteen sijasta tuoteperheen varioituvuuden lisäämistä. (Martio 2015, s.198)

On olemassa neljä myynti-toimitusprosessiin liittyvää tuotemääritysprosessia, jotka vaikuttavat tuotteen suunnittelun toteutukseen. Suunnitellaan tilauksesta EtO (Engineer-to-Order) on eniten suunnittelua sisältävä tuotemääritysprosessi. Tilauksen yhteydessä asiakas on määrittänyt tuotteelle laadulliset ja suorituskyvylliset ominaisuudet. Muokataan tilauksesta (MtO, Modify-to-Order) perustuu olemassa olevaan tuotemalliin tai tekniseen platformiin, josta räätälöidään asiakkaan vaatimusten mukainen tuote. Konfiguroidaan tilauksesta (CtO, Configure-to-Order) tuotemääritysprosessissa tuote rakentuu moduuleista ja standardi osista, jotka konfiguroidaan asiakasvaatimusten mukaisesti. Standardi tuotteiden kanssa käytettävä tuotemääritysprosessi on ”valmistetaan tilauksesta” MtO (Make-to-Order). Tuotteen modulaarisuudessa on kaksi tärkeää tekijää: moduuleiden itsenäisyys sekä moduulien rajapinnat. Modulaarisuuden tärkein etu on, että lopullisen tuotteen muoto ja ominaisuudet voivat vaihdella, vaikka tuoteperheeseen kuuluvien moduulien ja komponenttien suunnittelu ja valmistus pysyvät samana. (Jenssen et al. 2012, s. 2)

Modulaarinen tuote mahdollistaa tuotteen suunnittelun ja valmistuksen nopeammat läpimenoajat. Tehokkuuden paraneminen johtuu modulaarisuuden mahdollistamasta tiedon uudelleenkäytön tehostumisesta. Valmiiden ratkaisujen eli varianttien toistaminen ja tuotteeseen liittyvien teknisten ratkaisujen toistaminen lyhentävät suunnittelun ja valmistuksen läpimenoaikoja. Modulaarisuudesta puhuttaessa siihen liittyvät edut nousevat helposti esiin, mutta siihen liittyy myös joitakin haittoja. Merkittävimpänä haittana modulaarisuudessa on tuotevariantit sisältävän modulaarisen alustan kehittämisen vaatima suuri työmäärä. (Shamsuzzoha 2011, s. 27-28)

1. Miten konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Modulaarinen tuote mahdollistaa tuotteen suunnittelun ja valmistuksen nopeammat läpimenoajat. Tehokkuuden paraneminen johtuu modulaarisuuden mahdollistamasta tiedon uudelleenkäytön tehostumisesta. Valmiiden ratkaisujen eli varianttien toistaminen ja tuotteeseen liittyvien teknisten ratkaisujen toistaminen lyhentävät suunnittelun ja valmistuksen läpimenoaikoja.

2. Mitä konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?

Konfiguroituvan tuotteen suunnittelu ei poikkea merkittävästi kiinteiden tuotteiden suunnittelusta. Poikkeuksena on konfigurointimallin luonti sekä tuoteperheen kaikkien tuotevariaatioiden huomioiminen tuotemallissa. Suunnitteluprosessin kannalta merkittävimmät tuotemääritykset ovat generinen rakenne, moduulijako, tuotteen elinkaaren aikaiset vaatimukset dokumentaatiolle, mahdolliset optio -ominaisuudet sekä tietenkin itse prosessille asetetut laadulliset ja aikataululliset vaatimukset. (Martio 2015, s.187)

3. Tehostaako konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Modulaarinen tuote mahdollistaa tuotteen suunnittelun ja valmistuksen nopeammat läpimenoajat. Tehokkuuden paraneminen johtuu modulaarisuuden mahdollistamasta tiedon uudelleenkäytön tehostumisesta. Valmiiden ratkaisujen eli varianttien toistaminen ja tuotteeseen liittyvien teknisten ratkaisujen toistaminen lyhentävät suunnittelun ja valmistuksen läpimenoaikoja.

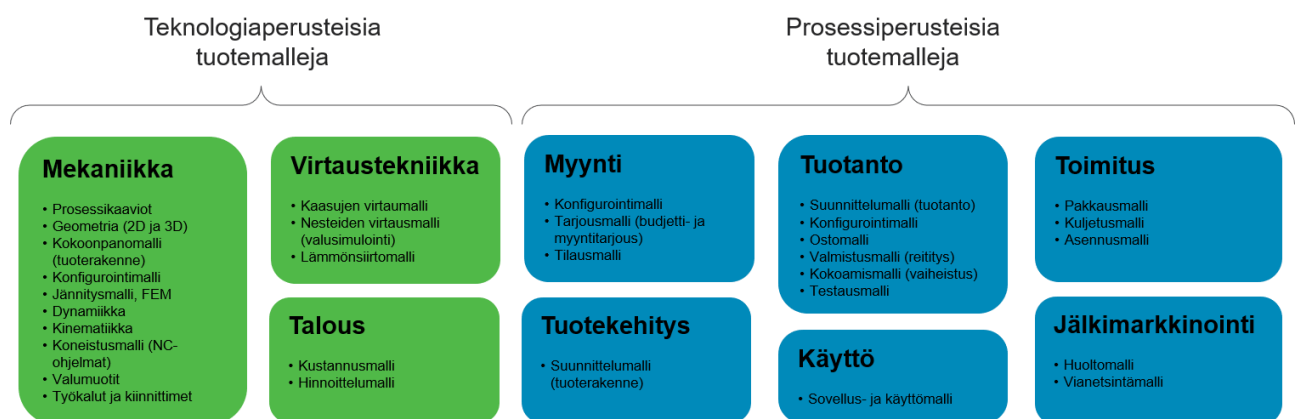
4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata valmiiden varianttien käyttöasteella sekä tilastoimalla konfiguraatioiden tulostiedot. Esimerkiksi parametristen varianttien toistuvien parametrien tunnistamisella voidaan mahdollisesti yksinkertaistaa tuoterakennetta ja siihen liittyvää suunnitteluprosessia luomalla toistuvimmista parametrikombinaatioista valmiita variantteja.

5 TUOTEMALLIT JA TUOTERAKENTEET

Tässä luvussa käsitellään tuotemalleja ja tuoterakenteita. Ensimmäisenä käsitellään tuoterakenteen määrittäminen ja tuoterakenteen nimikkeet. Tämän jälkeen käsitellään suunnittelurakenteita ja osaluetteloita sekä niiden mallinnusperiaatteita sekä modulaarisuuden vaikutusta niihin.

Tuotemalli terminä on paljon käytetty, vaikka sille ei ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Tuotemallilla tarkoitetaan tiettyyn käyttötarkoitukseen tehtyä kuvausta tuotteesta. Samasta tuotteesta voi siis olla käyttötarkoituksesta riippuen useampi erilainen kuvaus eli tuoterakenteen ilmentymä. Tästä johtuen tiettyyn tuotteeseen liittyy joukko tuotemalleja. Tuotemallit voidaan luokitella eri näkökulmista. Alla esimerkkejä teknologiaperusteisista ja prosessiperusteisista luokittelusta. (Martio 2015, s.111)



Kuva 11 Tuotemallin eri ilmentymiä (Martio 2015, s.111)

Kuten kuva 11 osoittaa, kaikki tuotemallin eri ilmentymät sisältävän kaiken kattavan tuotemallin muodostaminen on käytännössä mahdotonta. Uusia tarpeita tuotteen kuvaamiseen syntyy jatkuvasti ja uusien tekniikoiden vaatimien mallien integrointi voi olla mahdotonta. Kaiken kattavan mallin tarve on myös kyseenalainen, koska monimutkaisen tuotteen ymmärtäminen kaikista näkökulmista on mahdotonta. Yleensä myös kunkin tuotemallin käsittelyyn ja hallintaan on omat erikoistyökalunsa, jolloin integroidun tuotemallin hallinta on myös mahdotonta. (Martio 2015, s.112)

Tuotemallien ilmentymistä tuoterakenne (product breakdown structure) on tärkein. Tuoterakenne on hierarkkinen rakenne tuotteesta, joka kuvaa kuinka siihen liittyvät osat koostuvat. Kuten kaikki tuotemallit myös tuoterakenne voidaan muodostaa eri näkökulmista, joka vaikuttaa mille tasolle tuoterakenne ulottuu. (Martio 2015 s.113)

5.1 Tuoterakenteen määrittäminen

Parametripohjainen konfigurointimalli perustuu niin sanottuun maksimirakenteeseen tai 150% rakenteeseen. Tämä tarkoittaa, että kullakin kokoonpanotasolla on kaikki mahdolliset, sillä kokoonpanotasolla ilmenevät osat. Maksimirakenteesta ei kuitenkaan ilmene osien vaihtoehtoisuutta tai tarkempia sääntöjä eri kombinaatioiden luomiseen. Tietyn position vaihtoehtoisten komponenttien mallintaminen voidaan ratkaista mallintamalla vaihtoehtoista komponenteista ryhmä. Jos vaihtoehtoiset komponentit ovat riittävän samankaltaisia, voidaan niillä kaikilla käyttää geneeristä piirustusta. (Martio 2015 s.212)

5.2 Tuoterakenteen nimikkeet

Martion (2015, s.113) mukaan tuoterakenne koostuu nimikkeistä sekä niiden välisistä yhteyksistä. Nimikkeisiin voidaan liittää erilaista tietoa, kuten osan tyyppi, dimensio, materiaali tai dokumentaatioon liittyvää tietoa. Näiden tietojen avulla nimike ohjautuu myynti ja -toimitusprosessissa halutulla tavalla. Tuoterakenteessa olevat nimikkeet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

Aito kokoonpano

Aito kokoonpano on monikäyttöinen ja se voidaan liittää ylempien tasojen kokoonpanoihin ilman muutoksia tai purkamista. Kokoonpanoon liittämiseen vaadittavat osat ja dokumentaatio sisältyvät ylempien tasojen kokoonpanoon. Kaikki kokoonpanoon kuuluvat osat on kiinnitetty kokoonpanoon, jolloin se muodostaa yhtenäisen kokonaisuuden. Tämä mahdollistaa, että niitä voidaan valmistaa ja varastoida riippumatta valmistusprosessista jolloin se soveltuu myös hyvin alihankittavaksi. Kokoonpano voi olla myös toiminnallinen moduuli, joka tuo lisättäessä tietyn ennalta määritetyn ominaisuuden ylempään kokoonpanoon. (Martio 2015 s.113)

Asennettava kokoonpano eli installaatio

Asennettava kokoonpano on mahdollista vain asennuspaikalla. Asennettava kokoonpano sisältää osia, joita tarvitaan kokoonpanoon, mutta niitä ei voida asentaa ennen lopullista kokoonpanoa paikoilleen. Asennettava kokoonpano sisältää asennuksessa tarvittavat kiinnitystarvikkeet. (Martio 2015 s.113)

Komponenttiryhmä

Komponenttiryhmä (kit) on hallittava kokonaisuus toiminnallisesti toisiinsa liittyvistä komponenteista. Huolloissa tai asennuksessa tarvittavat työkaluvalikoimat tai varaosasarjat kuuluvat tähän ryhmään. (Martio 2015 s.113)

Jakamaton komponentti

Jakamattomat komponentit (indivisible components) ei sisällä osarakennetta. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi kaupalliset osat tai kokoonpanot, joiden toimittajat toimittavat niitä yhdellä nimikkeellä. Jakamaton komponentti voi olla esimerkiksi kaupallinen hydraulisyylinteri tai piirilevy. (Martio 2015, s.113)

Määräerä materiaali

Määräerä materiaali (specified amount of material) on nimiketyyppi, jonka mittayksikkö ei ole kappale. Määräerä materiaalit voivat olla koeajossa käytettävä öljy litroina tai metritavarana toimitettava tiivistenauha. (Martio 2015, s.114)

Dokumentti

Dokumentti voi esiintyä rakenteessa omana nimikkeenään, jolloin se toimitetaan tuotteen mukana. Tämän tyyppisiä nimikkeitä voivat olla esimerkiksi mitta- tai tarkastuspöytäkirjat, nosto -ohjeet ja asennusohjeet. (Martio 2015, s.114)

Ryhmäotsikko

Joskus on tarve jakaa suuria kokoonpanoja pienempiin ryhmiin niiden hallittavuuden parantamiseksi. Ne eivät varsinaisesti ole alikokoonpanoja vaan tarve tälle voi tulla jonkin tuotemallin ilmentymää hallittavasta järjestelmästä kuten esimerkiksi suunnittelujärjestelmästä. Jakokriteerinä ryhmäotsikon luomiselle voi olla esimerkiksi suunnitteluvastuu, toiminnallisuus tai sijainti kokoonpanossa. Rakennetta siirrettäessä muihin järjestelmiin kuten esimerkiksi tuotannonohjausjärjestelmään, ryhmäotsikot voidaan poistaa. (Martio 2015, s.114)

Edellä mainittujen nimiketyyppien lisäksi tuoterakenne voi pitää sisällä viittauksia esimerkiksi palveluihin, aktiviteetteihin ja muihin nimikkeisiin. Viittaukset helpottavat tuotteen elinkaaren aikaista hallintaa. Tuotannon tarvitsemien työkalujen tai lisäaineiden hallinta tuoterakenteessa ei ole järkevää, koska ne eivät kuulu asiakkaalle lähetettävään kokonaisuuteen. Luonteva paikka niiden hallintaan on tuotantoprosessin ohjeistus. (Martio 2015, s.114)

5.3 Suunnittelurakenne ja osaluettelot

Tuotteen kannalta tärkein rakenne on suunnittelurakenne (design or engineering structure). Siihen sisältyy kaikki tuotekehityksen ja suunnittelun määrittelemät lopulliseen tuotteeseen kuuluvat osat. Rakenne voi sisältää myös osia, jotka poistetaan ennen tuotteen käyttöönottoa, kuten esimerkiksi kuljetukseen ja pakkaukseen liittyvät osat. (Martio 2015, s.112)

5.3.1 Osaluettelot

Tuoterakenteen yksi ilmentymä on osaluettelo (Part List, Bill of Materials, BOM). Piirustuksen ohella se on yleisin tapa mallintaa tuoterakenteita. Nimikkeet kuvataan osaluettelossa eri riveinä, joissa on useita nimikekohtaisia määrytyksiä. Ennen tuotetiedon hallintajärjestelmien käyttöönottoa osaluettelot määritettiin yleensä piirustuksien otsikkokentän yläpuolelle. Kokoonpanojen nimikkeet ilmoitettiin ilman revisio tietoa, jotta piirustuksen ylläpito olisi helpompaa. (Martio 2015, s.116-122)

5.3.2 Suunnittelurakenteen mallinnusperiaatteet

Tuoterakenne tulisi tehdä aina tietyllä logiikalla tiettyä tarkoitusta varten. Yrityksillä ei yleensä ole määriteltyä tapaa, kuinka esimerkiksi suunnittelurakenne tulisi mallintaa. Monimutkaisissa tuotteissa tuoterakenteet ovat yleensä sekoituksia useamman käyttötarkoituksen vaatimista asioista, jonka johdosta tuoterakenteen hierarkia koostuu toiminnallisuuden, fyysisesti käsiteltävien kokoonpanojen ja suunnitteluvastuun välillä. (Martio 2015, s.122)

Tuotekehityksen tavoitteena on suunnitella tuote mahdollisimman tehokkaaseen valmistukseen. Tämä asettaa haasteen tuotekehitysvaiheelle, jonka tulisi kyetä kuvaamaan tuote mahdollisimman yksiselitteisesti valmistukselle. Jos tuote tai sen osa kuvataan epämääräisesti suunnittelurakenteeseen, toimitusprosessin seuraavien vaiheiden tulee mallintaa epämääräinen osuus oman toimintonsa vaatimusten mukaisesti uudestaan. Martion (2015, s.122) mukaan suositeltava tapa suunnittelurakenteen mallintamiselle on fyysisesti aitoihin kokoonpanoihin perustuva valmistusrakenne. Tällä tavoin suunnittelurakenne tukee asennusystävällisyyttä ja huomioi tarvittavat työvaiheet eli korostaa tuotteen fyysisistä modulointia. Fyysinen modulointi on avaintekijä tuotteen valmistustehokkuudelle, toimitusaikojen lyhentämiselle sekä alihankintaverkostojen käytölle. Valmistuspohjainen suunnittelurakenne mahdollistaa myös huolto- ja varaosadokumentaation tehokkaan luonnin, koska jälkimarkkinoiden vaatima tuotteen purkaminen on vastakkainen toiminto valmistuksessa tehtävälle kokoonpanolle. (Martio 2015, s.122)

Martion (2015, s.123) mukaan suunnittelurakenteen luomisessa olisi hyvä huomioida ainakin seuraavat rakenteeseen vaikuttavat tekijät:

Alikokoonpanojen liitososien asema rakenteessa

Tiettyyn kokoonpanoon liittyvät osat ovat aina toisiinsa nähden saman arvoisia, koska ne ovat samalla tasolla. Liitososat tulee sisältyä sille kokoonpanotasolle, jossa ne kyseisessä kokoonpanovaiheessa asennetaan. Liitososien asema suunnittelurakenteessa riippuu kokoonpanon nimiketyypistä eli puhutaanko aidosta kokoonpanosta vai asennettavasta kokoonpanosta eli installaatiosta.

Kokoonpanojen osien ryhmittely

Aitojen kokoonpanojen periaate vähentää kullakin kokoonpanotasolla käsiteltäviä nimikkeitä, mutta lisää osien määrää kokoonpanoissa. Esimerkiksi liukuhihnamaisessa monivaiheisessa kokoonpanotyössä osien määrä yhtä kokoonpanotasoa kohtaan voi nousta useisiin tuhansiin. Tämän tyyppisissä tuotteissa osat voidaan ryhmitellä tietyn kriteerin mukaan hallittaviin kokonaisuuksiin. Ryhmäotsikkorakennetta käytettäessä toimitusprosessin seuraavissa vaiheissa käytettävissä järjestelmissä tulee olla toiminnallisuus ryhmien poistamiseen, jolloin voidaan palauttaa suunnittelurakenne kokoonpanovaiheistuksen mukaiseksi. (Martio 2015 s.125)

Toiminnallisuus sekä työvaiheistus rakenteessa

Toiminnallista rakennetta ei voida esittää valmistuksen kannalta optimaalisessa aidoista kokoonpanoista koostuvasta rakenteesta. Työvaiheistuksen esittäminen suunnittelurakenteessa voi johtaa turhien kokoonpanotasojen luomiseen. Niiden hallinta on helpompaa toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP). Aidoista kokoonpanoista koostuva rakenne tukee komponenttien varastointia sekä tuotantoprosessien seuranta. Valmistuksen työvaiheistus tulisi jättää huomioimatta suunnittelurakenteesta, jotta valmistuksen muutoksista aiheutuva rakenteeseen kohdistuva muutospainetta saataisiin eliminoitua. Muutospainetta voivat aiheuttaa esimerkiksi tuotannon resurssit, kuorma ja sen priorisointi, tuotannon konekanta sekä tuotannon virtaus ja yleisjärjestely. (Martio 2015, s.126)

Materiaalierät ja komponenttiaihiot rakenteessa

Oikeaoppisen suunnittelurakenteen tulee sisältää kaikki tuotteen valmistukseen tarvittavat nimikkeet. Tarvittaviin nimikkeisiin sisältyy myös itse suunniteltujen osien raaka-aineet. Tämä mahdollistaa globaalin materiaalihallinnan, materiaalien jäljitettävyyden sekä kulutusseurannan. Suunnittelurakenteeseen voi myös kuulua nimikkeitä, joiden mittayksikkö ei ole kappale. Jokainen samaa materiaalierää oleva, mutta mitoiltaan eri suuruinen osa tulisi olla rakenteessa omana nimikkeenään. (Martio 2015, s.130-132)

Dokumentointi

Omavalmistenimikkeisiin ja kokoonpanoihin liittyy aina dokumentti. Dokumenttien sisältö tulee määrittää niin, että niissä viitataan vain kyseisen nimikkeen sisältöön. Tällä tavoin osista ja kokoonpanoista saadaan dokumentaation näkökulmastakin itsenäisiä ja ympäristöstä riippumattomia. (Martio 2015, s. 132)

5.3.3 Modulaarinen tuoterakenne

Tuotteen arkkitehtuuria tai rakennetta voidaan pitää määräävänä tekijänä tuotevalikoiman ja valmistuksen yhdistämisessä. Tuoterakennetta voidaan käsitellä kolmella eri tasolla: tuotevalikoima, tuote tai komponentti tasoilla. Modulaarisen tuoterakenteen perusominaisuuksia ovat, että moduulit toteuttavat yhtä tai useampaa toimintoa sekä moduulien väliset vuorovaikutukset ovat tarkasti määriteltyjä ja välttämättömiä tuotteen perustoiminnoille. Modulaarinen tuoterakenne muodostuu yrityskohtaisien syiden ja teknisten ratkaisujen yhdistelmänä. Yrityskohtaiset syyt perustuvat yrityksen strategiaan. Syitä tuotteiden jakoon moduuleihin kutsutaan modulointia ohjaaviksi tekijöiksi (Module Drivers). Halutun toiminnon toteuttamiseksi tarvitaan jokin konkreettinen ratkaisu. Näitä ratkaisuja kutsutaan teknisiksi ratkaisuiksi (Technical Solution). (Österholm & Tuokko, 2001)

Konfiguroituvat tuotteet voidaan ryhmitellä kolmeen eri tyyppiseen modulaarisen järjestelmän tyyppiin: paikka (slot), väylä (bus) ja palapeli (sectional). Paikka modulaarisuudessa jokainen moduuli on kiinnitetty tiettyyn kohtaan vakioidulla rajapinnalla. Paikka modulaarisuus voidaan jakaa neljään alityyppiin: 1. yhteinen komponentti (component sharing), 2. vaihtoehtoinen komponentti (component swapping), 3. leikkaus (cut-to-fit) sekä 4. sekoitus (mix) modulaarisuudeksi. Leikkaus modulaarisuus on ominaisuudelta parametrisoituva, jossa rajapinnat pysyvät vakioina, mutta moduulin dimensiot voivat muuttua. Väylämodulaarisuudessa on mahdollista lisätä erilaisia moduuleja olemassa olevaan perusrakenteeseen. Lohkomodulaarisuudessa moduuleilla on vakioidut rajapinnat ja niitä voidaan yhdistellä usealla tavalla. (Jenssen et al.2012 & Martio 2015)

Modulaarinen tuoterakenne on tuotteen geneerinen tuoterakenne, joka koostuu moduuleista ja niiden eri varianteista. Moduulit voidaan ajatella olevan geneerisiä tilanvarauksia, jotka konfiguroinnissa korvataan konfiguraation määräämillä varianteilla. Moduuli on siis ylätasoa

otsikko, jonka alle määritellään konfiguraation määräämä variantti eli tietty nimike. Variantit ja nimikkeet ovat samankaltaisia, mutta hieman toisistaan poikkeavia vaihtoehtoja. Ne voivat poiketa toisistaan yhden tai useamman ominaisuutensa suhteen. Yleensä konfiguroinnin tuloksena syntyviä nimikkeitä käsitellään konfiguroitavan nimikkeen variantteina. Jos nimikkeen kaikki variantit ovat samanlaisia, voidaan ne kuvata yhdellä dokumentilla. Dokumentin tulee sisältää kaikille varianteille yhteiset osat sekä niiden erot. Tämä tapa on yleinen esimerkiksi mekaanisten komponenttien piirustuksissa, joissa kaikki variantit voidaan esittää yhdellä piirustuksella. Tämän tyyppisissä geneerisissä piirustuksissa on näytetty jokaisen variantin muuttuvat mitat esimerkiksi taulukkomuodossa. Geneeriseen piirustukseen liittyy haaste tilanteissa, joissa halutaan lisätä uusi variantti tai muokata olemassa olevaa varianttia. Tämä voi johtaa myös muuttumattomien varianttien revisioasteen muutokseen. Kokoonpanojen varioituvuus tapahtuu yleensä kappaleiden lukumäärissä ja se voidaan esittää piirustusarkilla olevassa osaluettelossa. Osaluettelossa olevan variantin tunniste määrää tarvittavan osan ja sen lukumäärän. (Martio 2015, s.84)

Brière-Côté et al. (2010, s.57-58) mukaan asiakaslähtöisen suunnittelun eli räätälöinnin mahdollistavaa konfiguraatio -ohjautuvaa suunnittelurakennetta voidaan kutsua adaptiiviseksi geneeriseksi tuoterakenteeksi (Adaptive Generic Product Structure, AGPS). Se perustuu tuotteen kaupallisen ja teknisen näkymän yhdistämiseen kolmen ominaisuusryhmän mukaan. Kaupallinen näkymä käsittää asiakasominaisuudet eli myyntierittelyssä olevat ominaisuudet ja tekninen näkymä käsittää varsinaiset komponentit. Yleisominaisuudet määrittävät perustuotteen, parametriset ominaisuudet määrittävät uudelleen käytettävät variantit sekä erikoisominaisuudet asiakaslähtöistä suunnittelua vaativat uudet variantit. Jotta asiakasvaatimukset voidaan huomioida tuoterakenteessa, on tuoterakenteessa oltava moduuleja tai variantteja, jotka sallivat asiakasvaatimusten toteuttamisen. Ensisijaiset moduulit ja niihin liittyvät esimääritetyt variantit käsittävät tuoterakenteen vakioidut ratkaisut ja toissijaiset moduulit tai toissijaiset variantit käsittävät asiakaslähtöistä suunnittelua vaativat ratkaisut eli parametriset osat ja kokoonpanot. Näin tuoterakenne mahdollistaa mahdollisimman tehokkaan tiedon uudelleen käytön huomioiden olemassa olevien vakiovarianttien sekä tuoteperheen sovellusalueen tuotetiedon uudelleen käytön. (Brière-Côté et al. 2010, s. 56-58)

5.4 Yhteenveto: Tuotemallit ja tuoterakenteet

Tuotemallit voidaan luokitella useasta eri näkökulmasta. Tärkein tuotemallin ilmentymä on tuoterakenne (product breakdown structure). Tuoterakenne on hierarkkinen rakenne tuotteesta, joka kuvaa siihen liittyvät osat. Parametrinen konfigurointirakenne perustuu niin sanottuun maksimi- tai 150%- rakenteeseen. Tällöin rakenne sisältää kaikki tuotteeseen kuuluvat variaatiot. Maksimirakenne ei kuitenkaan sisällä sääntöjä eri kombinaatioille tai varianttien vaihtoehtoisuudelle. (Martio 2015, s. 113 ja s. 212)

Tuoterakenteessa olevat nimikkeet voidaan jakaa moneen eri ryhmään, kuten aitoon kokoonpanoon, asennettavaan kokoonpanoon, komponenttiryhmään, jakamattomiin komponentteihin, määräerä materiaaleihin, dokumentteihin sekä ryhmäotsikoihin. Suunnittelun kannalta tärkein tuoterakenne on suunnittelurakenne (design tai engineering structure). Osaluettelo on myös suunnitteluun liittyvä tuoterakenne. Aidoista kokoonpanoista koostuva suunnittelurakenne tukee komponenttien varastointia sekä tuotantoprosessien seuranta. Valmistuksen työvaiheistus tulisi kuitenkin jättää huomioimatta suunnittelurakenteessa, jottei valmistuksen muutokset aiheuttaisi suunnittelurakenteeseen muutoksia. (Martio 2015, s. 122-132)

Modulaarinen tuoterakenne on tuotteen geneerinen tuoterakenne, joka koostuu moduuleista ja niiden varianteista. Moduulit voidaan ajatella oleva geneerisiä tilanvarauksia, jotka konfiguroinnissa korvataan konfiguraatio määräämillä varianteilla. Asiakaslähtöisen suunnittelun eli räätälöinnin mahdollistavaa konfiguraatio-ohjautuvaa suunnittelurakennetta voidaan kutsua adaptiiviseksi geneeriseksi tuoterakenteeksi (Adaptive Generic Product Structure, AGPS). Adaptiivisessa geneerisessä tuoterakenteessa yleisominaisuudet määrittävät perustuotteen eli käytettävän tuotemallin ja asiakaskohtaiset parametriset ominaisuudet määrittävät uudelleen käytettävät variantit sekä asiakaskohtaista suunnittelua vaativat parametriset variantit. (Brière-Côté et al. 2010, s. 56-58 & Martio, 2015, s.84)

1. Miten konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa mahdollistaa suunnitteluautomaation kehittämisen ja sitä kautta suunnitteludokumentaation ja suunnittelutiedon uudelleen käytön tehostamisen.

2. Mitä konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii modulaarisen tuoterakenteen, joka on moduuleista ja niihin liittyvistä varianteista koostuva geneerinen tuoterakenne. Moduulit voidaan ajatella olevan geneerisiä tilanvarauksia, jotka korvataan konfiguroinnissa konfiguraation määräämillä varianteilla. Yhtenä mahdollisuutena on käyttää parametrissa konfigurointirakennetta, joka sisältää kaikki mahdolliset tuotteeseen liittyvät variantit eli niin sanotun tuotteen maksimirakenteet. Konfiguraatio -ohjautuvassa toimintatavassa tuoterakenteen tulee olla mukautuva ja mahdollistaa tehokas valmiiden varianttien uudelleenkäyttö ja sallia ennalta määrätyissä osa -alueissa asiakaskohtainen räätälöinti hyödyntämällä parametrisia variantteja. Valmiiden varianttien tehokas hyödyntäminen vaatii suunnitteludokumentaatiolta hyvää laatua, jotta niiden uudelleen käyttöön voidaan luottaa. Parametrinen varianttien vaatima suunnitteludokumentti tulisi tukea variantin sovellusalueen sallimia muutoksia ja mahdollisimman tehokasta suunnittelutiedon uudelleenkäyttöä.

3. Tehostaako konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa voi tehostaa projektikohtaista suunnittelua tehostamalla dokumenttien uudelleenkäyttöä sekä valitsemalla tarpeen mukaan parametrisia variantteja asiakaskohtaisten ratkaisujen toteuttamiseen.

4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata valmiiden varianttien käyttöasteella sekä tilastoimalla konfiguraatioiden tulostiedot. Esimerkiksi parametrinen varianttien toistuvien parametrien tunnistamisella voidaan mahdollisesti yksinkertaistaa tuoterakennetta ja siihen liittyvää suunnitteluprosessia luomalla toistuvimmista parametrikombinaatioista valmiita variantteja. Varianttien tai parametritietojen toistuvuus kuvaa tuotteen sovellusalueen tarkoituksenmukaista määrittystä sekä kokonaisuutena laadukkaampaa prosessia.

6 SUUNNITTELUN AUTOMAATIO JA TIEDON UDELLEENKÄYTTÖ

Tässä luvussa käsitellään suunnittelun automaatiota ja tiedon uudelleenkäyttöä. Ensimmäisenä käsitellään yleisesti suunnittelun automaatiota EtO -myynti -ja toimitusprosessissa. Tämän jälkeen käsitellään tietopohjaista suunnittelua sekä tiedon uudelleenkäyttöä. Viimeisenä esitellään suunnittelun automaation kypsyysmalli, jolla voidaan arvioida suunnittelun automaation kypsyttä EtO -myynti -ja toimitusprosessissa.

Puhuttaessa suunnitteluprosessin tehostamisesta suunnittelun automaatio (Design automation) sekä tiedon uudelleenkäyttö (Information re-use) nousevat kirjallisuudesta vahvasti esille. Suunnittelun automaatio terminä on käytetty jo 1970-luvulla elektroniikka sirujen ja virtapiirien automaattisessa suunnittelussa. Nykyään termillä viitataan mekaanisen suunnittelun automaattisiin suunnittelutehtäviin (Willner et al. 2016, s. 58). Cederfeldt & Elgh (2005) määrittävät suunnittelun automaation ”Suunnitteluprosessiin liittyvien tietokoneavusteisten suunnittelutehtävien toteuttamisena hyödyntämällä työkaluissa ja järjestelmissä olevaa tietoa”.

Voimakkaasti räätälöityjen tuotteiden ja niihin liittyvään kompleksiseen suunnitteluun liittyvässä EtO (Engineer-to-Order) myynti -ja toimitusprosessissa suunnittelun automaatio ymmärretään hyvin samanlaiseksi kuin tietopohjainen suunnittelu (Knowledge Based Engineering, KBE). Tietopohjainen suunnittelu sisältyy tuotteeseen liittyvän tiedon uudelleen käyttöön ja arkistointiin liittyviä menetelmiä, teknologioita ja prosesseja, joilla vähennetään suunnitteluun ja valmistukseen sitoutuvaa aikaa ja kustannusta. (Frank et al. 2014)

Tyypillisesti voimakkaasti räätälöityjen tuotteiden suunnitteluprosessiin liitetään tietynlaisten tietojärjestelmien ja työkalujen kehittäminen ja käyttöönotto. Suunnittelun automaatiota tukevia järjestelmiä ovat myyntikonfiguraattori, suunnittelu -ja/tai tekninen konfiguraattori sekä niiden yhdistäminen tietokoneavusteisen suunnittelun järjestelmiin (Computer Aided Design, CAD). Tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä (Product Lifecycle Management, PLM) nähdään soveltuvan parhaiten massavalmistuksen tuotteiden myynti-toimitusprosesseihin

kuten MtO (Make-to-Order) tai AtO (Assemble-to-Order). Sen hyödyntämisestä EtO myynti- ja toimitusprosessissa ei ole paljoa tutkittua tietoa. (Willner et al. 2016, s. 59)

Suunnittelun automaatio vaatii suunnitteluprosessin syvää tuntemusta prosessiin ja tuotteeseen liittyvistä periaatteista sekä sovellusalueesta. Jotta suunnittelun automaatiota voidaan kehittää, on tuote ja prosessi pystyttävä kuvaamaan ja dokumentoimaan riittävän tarkasti. Tuotteen ja prosessin kuvaaminen ja dokumentointi vaativat tuotteen ja prosessin pilkkomisen hallittaviin kokonaisuuksiin. Tuotteessa näitä kokonaisuuksia kutsutaan komponenteiksi, osiksi ja moduuleiksi, joita tietyllä tavalla yhdistelemällä saadaan alikokoonpanoja tai kokonaisia tuotteita. Vastaavasti prosessissa suunnittelutyön pilkkominen vaiheisiin lisää prosessin hallittavuutta ja tehokkuutta. (Frank et al. 2014, Cederfelt & Elgh 2005)

Suunnittelun automaatio voidaan jakaa kahteen tyyppiin: tiedon käsittelyyn (tallentamiseen ja siirtämiseen) sekä tiedon jalostamiseen. CAD -tiedostojen uudelleenkäyttöön tarvittava arkistointijärjestelmä tai taulukkolaskentaohjelmien uudelleenkäyttö ovat yksinkertaisimpia esimerkkejä tiedon uudelleenkäytölle. Myös tuotetiedon hallintajärjestelmä (PDM) sisältää suuria määriä tietoa kuten esimerkiksi tuhansia sääntöjä ja algoritmeja varianttien määrittämiseen. Suunnittelun automaation tavoitteena on tukea yhdellä tai useammalla alueella: suunnittelun synteisiä, suunnitteluanalyysiä tai valmistussuunnitelmaa. Nämä suunnittelun automaation tukemat alueet liittyvät vahvasti järjestelmätason suunnitteluun sekä yksityiskohtien suunnitteluvaiheisiin. Suunnittelun synteesi voi pitää sisällään suunnitteluanalyysin ja valmistussuunnitelman käyttämällä niiden tuloksia laajempaan synteisiin saavuttaakseen jalostetumman ratkaisun. (Cederfeldt & Elg, 2005)

Cederfeldt & Elgh (2005) mukaan suunnittelun automaation neljä päätavoitetta ovat kustannusten vähentäminen, läpimenoajan lyhentäminen, tuotteen suorituskyvyn parantaminen ja mahdollisuus mukauttaa tuotteita eri asiakastarpeiden mukaan. Yleisesti suunnittelun automaatiolla pyritään tehostamaan olemassa olevien tuotteiden kuten myös uusia ominaisuuksia vaativien tuotteiden suunnitteluprosessia. Tehostamisella pyritään vaikuttamaan suunnittelutehtävien tehostamiseen, parantamaan suunnittelun käytäntöjä ja parantaa tuotteen ominaisuuksia. (Cederfeldt & Elgh, 2005)

Tuotteen uudelleen suunnittelu on yleisin teollisuudessa tehtävä suunnittelu tehtävä. Jopa 90% EtO myynti -ja toimitusprosessin omaavien yritysten suunnittelutyöstä on varianttien suunnittelua. Suunnitteluautomaatiosta puhuttaessa variantti suunnittelulla tarkoitetaan ratkaisuja, joilla pyritään hallitsemaan rinnakkaisten esisuunniteltujen versioiden eli varianttien määrää. (Cederfeldt & Elgh, 2005)

6.1 Tietopohjainen suunnittelu (Knowledge Based Engineering)

Tietopohjaisen suunnittelun kautta geometrisiin malleihin sisällytetään tieto sääntöinä ja ohjeina, jotka ohjaavat suunnittelu automaation vaatimaa geometrista muutosta. Tuotteen monimutkaisuuden tehokas hallinta, olemassa olevien ratkaisujen uudelleenkäyttö sekä suunnittelun automaatio vaativat tuotteen kokonaisvaltaista ymmärtämistä. Tietopohjaista suunnittelua (Knowledge Based Engineering) on pidetty tehokkaana työkaluna automaattisen suunnittelun ja ratkaisujen uudelleenkäytön tehostamisessa. Tietopohjainen suunnittelu perustuu suunnitteluprosessin tarkkaan mallintamiseen ja dokumentointiin.

Modernit CAD-järjestelmät tarjoavat vaihtoehtoisia työkaluja kasvattaa geometrinen mallien joustavuutta. Mallien joustavuuteen olisi hyvä löytää työkaluriippumaton geneerinen mallinnus tekniikka. (Amadori et al. 2012, s.182)

Saavuttamalla haluttu suunnittelun automaation, tietopohjaisen suunnittelun (Knowledge Based Engineering) metodologioita voidaan hyödyntää suunnittelun vaatiman tiedon sisällyttämisessä suunnitteluprosessiin ja käytettäviin järjestelmiin. Amadori et al. (2012, s.181) ehdottavat käytettävien geometria muutostapojen jakamista kahteen kategoriaan. Morfologinen kategoria kuvaa geometrian muutostapoja, jotka liittyvät morfologisiin geometrian mallinnustapoihin ja topologinen kategoria kuvaa, kuinka geometrisia objekteja voidaan tehokkaasti lisätä, uudelleen käyttää ja korvata. Morfologiset muutokset tapahtuvat yksittäisen mallin sisällä ja topologiset muutokset voivat olla yksittäisen mallin tai kokoonpanon sisällä tapahtuvia muutoksia.

6.1.1 Morfologinen menetelmä

Morfologia määritelmänä tulee Kreikan kielisestä sanasta *morphe*, joka merkitsee muotoa. Morfologisen muutoksen aikana objektin muoto muuttuu koko ajan kuin venyttäisi kumea.

Morfologiseen mallinnuksen perustuvassa automaattisessa suunnittelu prosessissa ei voida muuttaa objektien lukumäärää, joten sen soveltaminen kokoonpanojen mallintamiseen ei ole järkevää. Amadori et al. (2012, s.182) mukaan morfologiset geometriset objektit voidaan jakaa neljään tyyppiin niiden mallinnuksen kompleksisuuden mukaan.

1. **Kiinteät objektit** eivät voi muuttaa muotoaan.
2. **Parametriset objektit** muuttuvat yhden tai useamman arvon mukaan. Parametriset mallit soveltuvat vain yksinkertaisten muotojen muokkaamiseen.
3. **Yhtälöpohjaisiin riippuvuuksiin perustuvat objektit** perustuvat useamman parametrin asettamien ehtojen ohjaukseen. Geometristen objektien riippuvuudet voidaan ratkaista täysin matemaattisesti.
4. **Ohjelmoitaviin riippuvuuksiin perustuvat objektit** perustuvat käytetyn CAD-järjestelmän sisältämien eri ohjelmointikielien hyödyntämistä riippuvuuksien määrittämisessä. Yhtälö- ja ohjelmoitaviin riippuvuuksiin perustuvat geometristen objektien muuttaminen perustuu sääntöihin, mutta ohjelmointiin perustuvat objektit mahdollistavat yleensä käyttäjäystävällisemmän kokemuksen.

6.1.2 Topologinen menetelmä

Topologia määritelmänä tulee Kreikan kielisestä sanasta *topos*, joka kuvaa paikkaa. Topologinen kategoria kuvaa geometrian muutosta, joka perustuu geometrisen piirteen tai objektin paikan muutokseen geometrisessä mallissa. Topologinen geometrian muutos voidaan jakaa kolmeen perustoimintoon.

1. Ilmentymän lisääminen, jossa objekti voidaan paikoittaa haluttuun positioon.
2. Ilmentymän poistaminen, jossa objekti voidaan poistaa halutusta positioista.
3. Ilmentymän korvaaminen, jossa objekti voidaan korvata toisella objektilla.

Topologiseen mallinnusprosessiin liittyy kolme tärkeää ehtoa; mallipohja (template), rajoite (constraint) sekä konteksti (context). Mallipohja viittaa alkuperäiseen malliin, joka on tarkoitus uudelleen tuottaa. Rajoitteet ovat olosuhteita, jotka uudelleen tuotettujen mallien tai

ilmentymien tulee täyttää. Konteksti on geometrinen tilanvaraus tuotetulle ilmentymälle, johon rajoitukset viittaavat. Topologinen geometrian mallinnus voidaan jakaa neljään päätyyppiin niiden mallinnuksen kompleksisuuden mukaan. (Amadori et al. 2012, s.183)

1. **Manuaalinen ilmentymien hallinta** perustuu nimensä mukaisesti manuaaliseen kopiointiin, liittämiseen ja korvaus toimintoihin. Ilmentymän hallinta ei tapahdu konteksti riippuvaisesti.
2. **Automaattinen ilmentymien hallinta** perustuu mallipohjaan, jolla ohjataan tuotettavien mallien lukumäärää parametreilla. Ilmentymien hallinta ei tapahdu konteksti riippuvaisesti vaan puhtaasti erilliseen parametriseen paikoittavaan geometriamalliin.
3. **Geneerinen manuaalinen ilmentymien hallinta** on kontekstiriippuvainen, koska siinä tuotetaan manuaalisesti mallipohja ja rajoitteet. Paikoitusmalli ja rajoitteet sisältävät mallien tuottamisen kannalta kaiken tarvittavan tiedon. Määritykset mahdollistavat ilmentymien käytön eri konteksteissa, joka lisää geometrisen mallin uudelleenkäytön astetta.
4. **Geneerinen automaattinen ilmentymien hallinta** perustuu esimääritettyihin toimintoihin, jotka käyttäjän valinnan mukaan luovat tai poistavat automaattisesti ilmentymiä. Ilmentymät ovat kontekstiriippuvaisia sekä parametrisesti varioitavia, jolloin saavutetaan mahdollisimman tehokas uudelleenkäyttö ja automaatio.

6.1.3 Adaptiivinen tuoterakenne

Perinteisesti CAD -suunnittelu ja -mallinnus jaetaan ylhäältä alas (top-down) ja alhaalta ylös (bottom-up) lähestymistapoihin. Lähestymistapojen kehitys on perustunut käytettävien suunnittelujärjestelmien kehitykseen. Ylhäältä alas lähestymistapa vaatii, että tuotteen kannalta kriittinen tieto on määritetty hierarkkisesti ylimmällä tasolla, josta se jaetaan rakenteessa alimmille tasoille. Ylhäältä alas lähestymistavassa tuotteesta luodaan alkutietojen mukaan riittävän tarkka rakenne, jota tarkennetaan hallitusti suunnitteluprosessin aikaisilla muutoksilla. Vastaavasti alhaalta ylös lähestymistavassa kaikki peruselementit mallinnetaan erikseen loppuun asti ja liitetään lopuksi yhdeksi kokoonpanoksi. Alhaalta ylös

mallinnustavassa peruselementtien väliltä puuttuu kontekstiriippuvuus, jolloin lopullista geometriaa on vaikea muokata. Alhaalta ylös lähestymistapa ei siksi sovellu niin hyvin suunnittelun automaation kehittämiseen. Ylhäältä alas mallinnustapa on tunnettu menetelmä Amadori et al. (2012, s.183) ehdottavat sen muokkaamista geometrian topologisen automaation mahdollistamiseksi. Heidän mukaansa aito suunnittelun automaatio tulee mahdollistaa rakenteen muodon, paikan ja määrän muokkaamisen. Mallinnusmenetelmää voidaan kutsua dynaamiseksi ylhäältä alas mallinukseksi (Dynamic top-down modeling). Menetelmä perustuu esimääriteltyihin korkean tason CAD -mallipohjiin (HLCt, High Level CAD templates), joita ohjataan erilliselle päättely moottorilla (inference engine). Vastaavasti Brière-Côté et al. (2010, s.57) esittelevät adaptiivisen geneerisen tuoterakenteen (AGPS, Adaptive Generic Product Structure), joka on myös dynaamiseen tuoterakenteeseen perustuva tuoteperhemalli. Dynaamiset tuotemallit sallivat myynti -ja toimitusprosessissa asiakaskohtaisten rakenteiden käyttämisen. Rääätälöinnille on määritetty tietyt rajat eikä rääätälöidyn alueen kaikkia variantteja ole valmiiksi suunniteltu.

Päätarkoitus adaptiiviselle geneeriselle tuotemallille on sallia konfigurointiprosessi, jossa huomioidaan asiakastarpeiden tuoma avoin tuotemäärittely pitäen silti tuotekonfigurointiprosessin järkevän tasoisena. Tuoterakenteen määrittely on jaettu kahteen vaiheeseen, jossa ensimmäisessä julkaistaan perustuote sisältäen geneerinen tuoterakenne sekä valmiit variantit. Toisessa vaiheessa rakennetta täydennetään asiakaslähtöistä suunnittelua vaativilla osuuksilla mukauttamalla olemassa olevia tai parametrisia variantteja. (Brière-Côté et al. 2010, s.60)

6.2 Tiedon uudelleenkäyttö

Tiedon uudelleenkäyttö perustuu yksinkertaisesti olemassa olevan tiedon uudelleenkäyttöön. Tehokkaimmillaan se on tuotteeseen liittyvien dokumenttien ja tietojen uudelleenkäyttöä uuden toimitettavan tuotteen yhteydessä. Aberdeen Groupin teettämässä tutkimuksessa (2007, s.1) uuden tuotteen suunnittelu-aikaa on saatu vähennettyä 30% kun se liittyy läheisesti olemassa olevaan tuotteeseen. Tuotteissa, joiden suunnittelu perustuu voimakkaaseen uudelleenkäyttöön, voidaan saavuttaa jopa 80% vähennys suunnittelutunneissa. Ong et al. (2008, s.18) mukaan modulaarinen tuoterakenne on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka mahdollistaa tuotteen mekaanisen suunnittelun uudelleenkäytön tehostamisen.

Suunnittelun näkökulmasta tiedon uudelleenkäytöllä on merkittävä tarkoitus suunnitteluvaiheessa. Olemassa olevan suunnittelun uudelleenkäyttö on tärkeä tiedon uudelleenkäytön muoto, jossa suunnittelijat käyttävät uuden tuotteen suunnitteluun tuotteeseen liittyvää tietoa olemassa olevasta, aikaisemmin suunnitellusta ja testatusta tuotteesta. Suunnittelun uudelleenkäyttö voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: osittaiseen uudelleenkäyttöön ja täydelliseen uudelleenkäyttöön. (Silventoinen et al. 2014, s. 722)

6.2.1 Tiedon uudelleenkäytön tarpeellisuus

Tiedon uudelleenkäytön tarpeellisuus korostuu nykymarkkinoilla. Yritykset haluavat välttää tuotteen suunnittelua tyhjästä. Tiedon uudelleenkäyttö onkin ratkaisevassa roolissa suunnittelun nopeuteen ja jatkuvuuteen. Tehokas tuotesuunnittelu vaatii tehokasta tiedon hakua ja hyödyntämistä. Suunnittelijoiden näkökulmasta tiedon uudelleenkäyttöön liittyy haaste löytää vain kyseisen suunnittelutehtävän kannalta merkityksellistä tietoa.

6.2.2 Tiedon uudelleenkäytön tehokkuus

Tiedon uudelleenkäytön tehokkuutta voidaan mitata parantuneena tuottavuutena, joka näkyy alhaisempina kustannuksina, laadun parantumisena ja lyhyempänä toimitusaikana. Koska suunnittelua ei tarvitse aloittaa alusta, voidaan tehokkuuden paranemista perustella helposti. Tuotteen laatu paranee uudelleenkäyttämällä laadultaan ja oikeellisuudeltaan tunnettuja alijärjestelmiä tai komponentteja. Tiedon uudelleenkäytön tehostaminen vaatii tuotteen konseptuaalisen ymmärtämisen sekä olemassa olevien tiedon uudelleenkäyttöön liittyvien tekniikoiden ja työkalujen tuntemisen. (Ong et al. 2008, s.5)

6.2.3 Tiedon uudelleenkäytön haasteet

Suunnittelun kontekstissa tarvittava tieto voidaan jakaa kahteen pääalueeseen; tuotteeseen liittyvään tietoon sekä prosessiin liittyvään tietoon. Prosessiin liittyvä tieto pitää sisällään ongelmanratkaisuun vaadittavan tiedon, kontekstuaalisen tiedon, päätöksenteon perusteen sekä taustatiedon, jotka tuovat prosessin vaatiman tietämyksen. (Silventoinen et al. 2014, s. 726)

Silventoinen et al. mukaan (2014, s.726) tiedon uudelleenkäytön haasteet voidaan jakaa neljään ryhmään riippuen missä ne ilmenevät; tietoprosessien haasteisiin, uudelleenkäytön tilanteiden haasteisiin, tietorooleihin liittyviin haasteisiin sekä tiedon tallennukseen liittyviin haasteisiin.

Tietoprosesseihin liittyvät haasteet

Tietoprosessit liittyvät yksilö- sekä organisaatiotasolle, koska ne ovat yksilöiden suorittamia, mutta haasteet koskevat organisaatiokäytäntöjä. Tietoprosesseihin liittyvät haasteet voidaan jakaa neljään tiedon uudelleenkäyttöprosessin vaiheeseen, joita ovat tiedon taltioiminen, tiedon jäsentely, tiedonjako sekä tiedon uudelleenkäyttö. Suurimmat haasteet tietoprosesseissa liittyvät tiedon taltioimiseen ja tiedon uudelleenkäyttöön, koska ne liittyvät organisaation rakenteeseen sekä inhimillisiin tekijöihin. (Silventoinen et al. 2014, s. 726)

Uudelleenkäytön tilanteisiin liittyvät haasteet

Tiedon uudelleenkäytön tilanteet voidaan jakaa neljään eri perustilanteeseen. Kaksi ensimmäistä koskevat organisaatiotasolla tiimeissä ja verkostoissa tapahtuvia tilanteita. Erilaiset tiimit jakavat yhteisen sijainnin ja vastaavasti verkostot tekevät yhteistyötä pysyvänä tai väliaikaisesti eri paikoissa. Kaksi jälkimmäistä liittyvät yksilötason tiedon uudelleenkäytön tilanteisiin. Yksilötason tiedon uudelleenkäytön tilanteet liittyvät kokeneiden ja kokemattomien henkilöiden välisiin tilanteisiin. Yksilötasolla henkilökohtaiset kokemukset vaikuttavat tiedon uudelleenkäyttöön vaadittaviin kykyihin, mahdollisuuksiin sekä motivaatioon. Haasteet liittyvät etenkin kokemattomien henkilöiden tiedon uudelleenkäyttöön, joka vaatii mentorointiin perustuvan oppimisprosessin. (Silventoinen et al. 2014, s. 727)

Homogeenisissä tai poikkitieteellisissä tiimeissä tiedon uudelleenkäyttöön liittyy sitä vähemmän haasteita mitä yleisempää uudelleenkäytettävä tieto on. Tiimeihin ja verkostoihin liittyy merkittäviä organisatorisia haasteita, koska molemmat organisaatiotason tiedon uudelleenkäyttö tilanteet vaativat yhteistä ymmärrystä, määritelmiä, sanastoja, työkaluja ja tiedonvaihtomenetelmiä tiedon uudelleenkäytön mahdollistamiseksi. Yhteistyöverkostoissa tiedon uudelleenkäytön haasteet liittyvät yhteisen näkemyksen luomiseen tarvittavasta tiedosta, tiedon vaihdosta, tiedon hallinnasta sekä sen uudelleenkäytöstä. Tilanteisiin liittyy

myös strateginen päätöksenteonulottuvuus, jossa pyritään löytämään tasapaino tuottavuustavoitteiden ja innovaatioihin tarvittavan luovuuden välillä. (Silventoinen et al. 2014, s. 727)

Tietorooleihin liittyvät haasteet

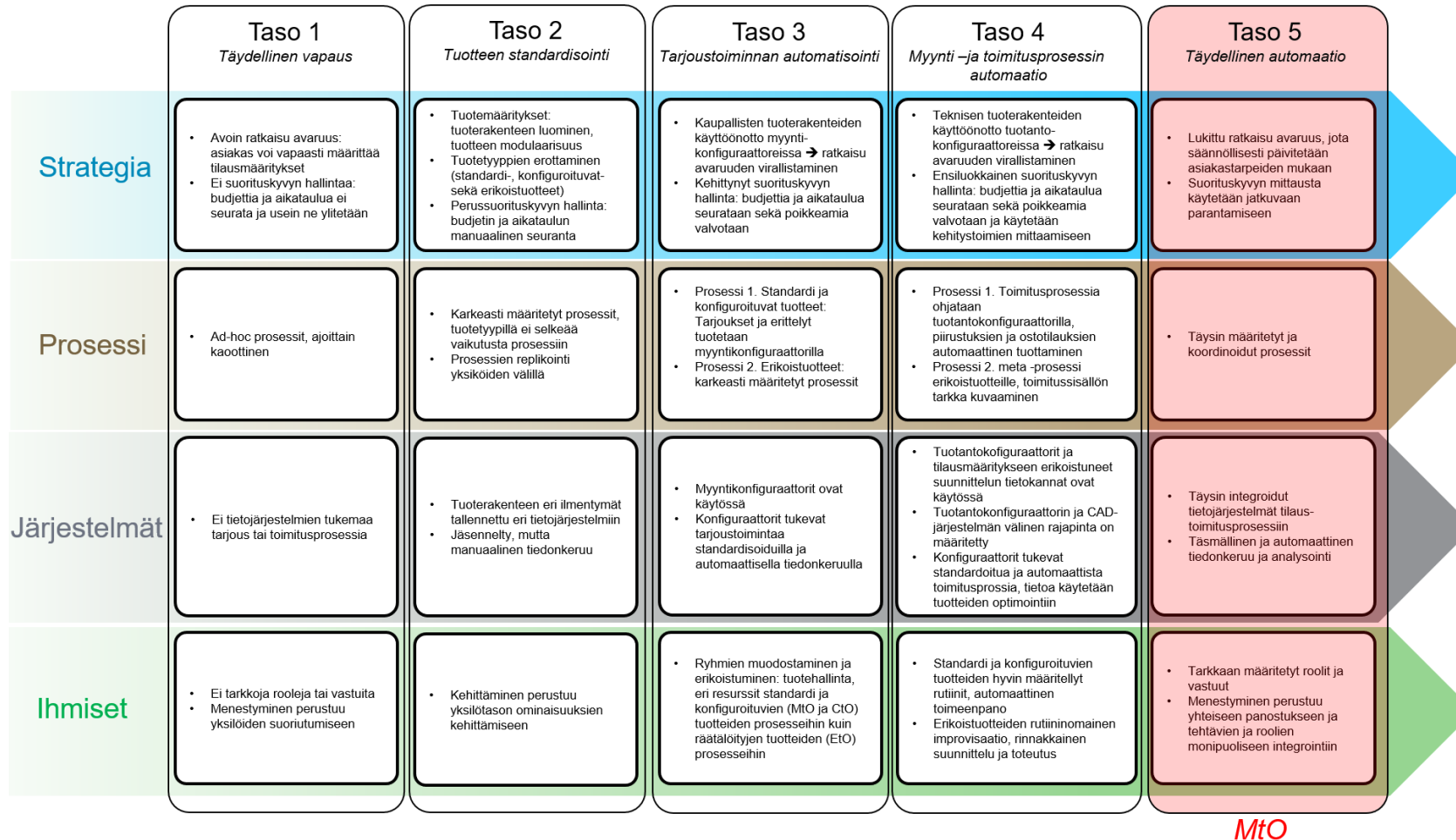
Markusen (2001, s. 72) mukaan tiedon uudelleenkäyttöprosessiin liittyy kolme pääroolia. Tiedon tuottajat toimivat tiedon lähteinä dokumentoiden ja tallentaen ne tarkoituksenmukaisiin paikkoihin. Tiedon välittäjät valmistelevat tiedon uudelleenkäyttöä indeksoimalla, tiivistämällä ja puhdistamalla sen tarkoituksenmukaiseen muotoon. Tiedon kuluttajat eli uudelleenkäyttäjät hakevat ja soveltavat tietoa. Joskus yksi henkilö toimii useammassa roolissa. Onnistunut tiedon uudelleenkäyttö vaatii tiedon tuottajilta tiedon uudelleenkäyttötilanteiden tuntemisen sekä kuhunkin tilanteeseen tarkoituksenmukaisen tiedon tarpeen tunnistamisen. Koska kokemattomat henkilöt ovat yleensä tiedon uudelleenkäyttäjää, on tiedon tuottajien ja tiedon välittäjien toimittava vahvassa yhteistyössä varmistaakseen tiedon uudelleenkäytön tehokkuus. (Silventoinen et al. 2014, s. 727)

Tietovarastoihin liittyvät haasteet

Tiedon uudelleenkäytön haasteet tietovarastoissa liittyvät pääasiassa digitaalisiin tietovarastoihin ja ne voidaan jakaa kolmeen pääryhmään; yleisiin suunnittelukysymyksiin, hakumenetelmiin liittyviin kysymyksiin sekä kuinka dokumentoidaan asioita muille. Tietovarastojen suunnittelussa on huomioitava yrityksen muistiin perustuva lähestymistapa, tietosisällön dynamiikka sekä useisiin arkistoihin liittyvä tiedon koodauksen ja löytämisen näkökohdat. Hakumenetelmien haasteet liittyvät uudelleenkäyttötilanteisiin, tietämyksen löytämiseen sekä linkittämiseen. Tieto tulisikin olla siinä muodossa, että tiedon uudelleenkäyttäjät voivat löytää, hakea ja hyödyntää tietoa mahdollisimman tehokkaasti huomioiden tiedon uudelleenkäytön kaikki näkymät kuten prosessit, tilanteet, roolit ja organisatoriset sekä inhimilliset tekijät. (Silventoinen et al. 2014, s. 727)

6.3 Suunnittelun automaation kypsyyden arvioiminen

Willner et al. (2016, s. 65-66) esittävät suunnittelun automaation kypsyyttä kuvaavan mallin. Malli on kuvattu matriisi muodossa (kuva 12), jossa vaaka -akselilla on kypsyyden tasot ja pystyakselilla suunnittelun automaation kehittymisen kannalta tärkeitä ulottuvuudet tai osa-alueet. Mallissa kuvataan viisi selkeästi erottuvaa tasoa aina täydellisestä vapaudesta täydelliseen automaatioon eli käytännössä kaikki tuotemääritysprosessien tyypit suunnitellaan tilauksesta (EtO, Engineer-to-Order) aina valmistetaan tilaukseen (MtO, Make-to-Order) asti. Pystyakselilla kuvataan suunnittelun automaation kehittämiseen vaikuttavat ulottuvuudet, kuten strategia, prosessit, järjestelmät sekä ihmiset.



Kuva 12 Malli suunnittelun automaation kypsyyden arvioimiseen (Willner et al. 2016, s. 65)

6.4 Yhteenveto: Suunnittelun automaatio ja tiedon uudelleenkäyttö

Voimakkaasti räätälöityjen tuotteiden ja niihin liittyvään kompleksiseen suunnitteluun liittyvässä EtO (Engineer-to-Order) myynti -ja toimitusprosessissa suunnittelun automaatio ymmärretään hyvin samanlaiseksi kuin tietopohjaisen suunnittelu (Knowledge Based Engineering, KBE). Tietopohjainen suunnittelu sisältyy tuotteeseen liittyvän tiedon uudelleen käyttöön ja arkistointiin liittyviä menetelmiä, teknologioita ja prosesseja, joilla vähennetään suunnitteluun ja valmistukseen sitoutuvaa aikaa ja kustannusta. Suunnittelun automaatiota tukevia järjestelmiä ovat myyntikonfiguraattori, suunnittelu -ja/tai tuotanto konfiguraattori sekä niiden yhdistäminen tietokoneavusteisen suunnittelun järjestelmiin (Computer Aided Design, CAD). (Willner et al. 2016, s. 59 & Frank et al. 2014)

Suunnittelun automaatio vaatii suunnitteluprosessin syvää tuntemusta prosessiin ja tuotteeseen liittyvistä periaatteista sekä sovellusalueesta. Jotta suunnittelun automaatiota voidaan kehittää, on tuote ja prosessi pystyttävä kuvaamaan ja dokumentoimaan riittävän tarkasti. Tuotteen ja prosessin kuvaaminen sekä dokumentointi vaativat tuotteen ja prosessin pilkkomisen hallittaviin kokonaisuuksiin. Tuotteessa näitä kokonaisuuksia kutsutaan komponenteiksi, osiksi ja moduuleiksi, joita tietyllä tavalla yhdistelemällä saadaan alikokoonpanoja tai kokonaisia tuotteita. Vastaavasti prosessissa suunnittelutyön pilkkominen vaiheisiin lisää prosessin hallittavuutta ja tehokkuutta. (Frank et al. 2014, Cederfelt & Elgh 2005)

Perinteisesti CAD -suunnittelu ja -mallinnus jaetaan ylhäältä alas (top-down) ja alhaalta ylös (bottom-up) lähestymistapoihin. Lähestymistapojen kehitys on perustunut käytettävien suunnittelujärjestelmien kehitykseen. Ylhäältä alas lähestymistapa vaatii, että tuotteen kannalta kriittinen tieto on määritetty hierarkkisesti ylimmällä tasolla, josta se jaetaan rakenteessa alimmille tasoille. Ylhäältä alas lähestymistavassa tuotteesta luodaan alkutietojen mukaan riittävän tarkka rakenne, jota tarkennetaan hallitusti suunnitteluprosessin aikaisilla muutoksilla. Amadori et al. (2012) ehdottavat sen muokkaamista geometrian topologisen automaation mahdollistamiseksi. Heidän mukaansa aito suunnittelun automaatio tulee mahdollistaa rakenteen muodon, paikan ja määrän muokkaamisen. Mallinnusmenetelmää voidaan kutsua dynaamiseksi ylhäältä alas mallinukseksi (Dynamic top-down modeling). Menetelmä perustuu esimääriteltyihin korkean tason CAD -mallipohjiin (HLCD, High Level

CAD templates), joita ohjataan erilliselle päättely moottorilla (inference engine). Vastaavasti Brière-Côté et al. (2010) esittelevät adaptiivisen generisen tuoterakenteen (AGPS, Adaptive Generic Product Structure), joka on myös dynaamiseen tuoterakenteeseen perustuva tuoteperhemalli. Dynaamiset tuotemallit sallivat myynti -ja toimitusprosessissa asiakaskohtaisten rakenteiden käyttämisen. Rääätälöinnille on määritetty tietyt rajat eikä rääätälöidyn alueen kaikkia variantteja ole valmiiksi suunniteltu.

Tiedon uudelleenkäyttö perustuu yksinkertaisesti olemassa olevan tiedon uudelleenkäyttöön. Tehokkaimmillaan se on tuotteeseen liittyvien dokumenttien ja tietojen uudelleenkäyttöä uuden toimitettavan tuotteen yhteydessä. Aberdeen Groupin teettämässä tutkimuksessa (2007, s.1) todettiin, että tuotteissa, joiden suunnittelu perustuu voimakkaaseen uudelleen käyttöön, voidaan saavuttaa jopa 80% vähennys suunnittelutunneissa. Ong et al. (2008, s.18) mukaan modulaarinen tuoterakenne on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka mahdollistaa tuotteen mekaanisen suunnittelun uudelleenkäytön tehostamisen.

Suunnittelun näkökulmasta tiedon uudelleenkäytöllä on merkittävä tarkoitus suunnitteluvaiheessa. Olemassa olevan suunnittelun uudelleenkäyttö on tärkeä tiedon uudelleenkäytön muoto, jossa suunnittelijat käyttävät uuden tuotteen suunnitteluun tuotteeseen liittyvää tietoa olemassa olevasta, aikaisemmin suunnitellusta ja testatusta tuotteesta. Suunnittelu uudelleenkäyttö voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: osittaiseen uudelleenkäyttöön ja täydelliseen uudelleenkäyttöön. (Silventoinen et al. 2014, s. 722)

1. Miten konfiguraatio -ohjautuva toimintapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Suunnitteluautomaatiota tukevia järjestelmiä ovat myynti, suunnittelu – ja/tai tuotantokonfiguraattori sekä niihin liitetty tietokoneavusteinen suunnittelujärjestelmä. Konfiguraatio-ohjautuvassa toimintatavassa tuotantokonfiguraattori tuottaa toimitusprosessin eri vaiheiden vaatimat tiedot. Suunnittelu -ja/tai tuotantokonfiguraattori voi tuottaa suunnittelun vaatimat lähtötiedot, jolloin se tehostaa myynnin ja suunnittelun välistä tiedonsiirtoa ja parantaa koko toimituksen laatua. Tiedon linkitys mahdollistaa suunnittelun automaation, jolloin suunnittelutiedon sekä olemassa olevan suunnitteludokumentaation uudelleenkäyttöä voidaan tehostaa.

2. Mitä konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii modulaarisen tuoterakenteen, joka on edellytys tiedon uudelleenkäytön tehostamiseen ja tätä kautta suunnittelun automaation lisäämiseen. Suunnittelutiedon mahdollisimman tehokas uudelleenkäyttö vaatii tuoterakenteelta mukautuvuutta. Adaptiivinen geneerinen tuoterakenne mahdollistaa mahdollisimman tehokkaan olemassa olevien suunnitteludokumenttien uudelleenkäytön huomioiden myös tietyissä rajoissa tapahtuvan asiakaskohtaisen suunnittelun parametrisilla varianteilla. Jotta tiedon uudelleenkäyttöä ja suunnittelun automaatiota voidaan tehostaa, on suunnitteluprosessi tunnettava hyvin. Suunnitteluprosessin kuvaaminen ja dokumentointi mahdollistaa prosessin paremman ymmärtämisen. Kuten modulaarisuus eli tuotteen jakaminen hallittaviin kokonaisuuksiin, parantaa tuoterakenteen hallittavuutta myös prosessin hallittavuutta parantaa sen pilkkominen hallittaviin kokonaisuuksiin eli vaiheisiin.

3. Tehostaako konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi voi tehostaa suunnittelun automaatiota ja tiedon uudelleenkäyttöä. Aberdeen Groupin tutkimuksen (2007, s.1) mukaan tuotteissa, joiden suunnittelu perustuu voimakkaaseen tiedon uudelleenkäyttöön, voidaan saavuttaa jopa 80% säästö suunnittelutunneissa.

4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata kuvaamalla prosessin eri vaiheissa tapahtuva työ ja mitata vaiheiden laatua ja tehokkuutta. Etenkin asiakaskohtaista räätälöintiä vaativien osuuksien tunnistaminen ja mittaaminen prosessista on tärkeää, koska kyseisten vaiheiden suorittaminen laadukkaasti ja tehokkaasti vaikuttavat koko prosessin onnistumiseen. Suunnitteluprosessin kehittämisen apuna voidaan käyttää Willner et al. (2016, s. 65-66) esittämää suunnittelun automaation kypsyyden mallia, josta voidaan arvioida suunnittelun automaation nykytila eri ulottuvuuksien näkökulmasta, määrittää lyhyen ja pitkän ajan tavoitteet sekä niiden vaatimat kehityskohteet.

7 TAPAUSTUTKIMUKSEN KOHDE SEKÄ TUTKIMUKSEN ESITIETOJEN KERÄÄMINEN

Tässä luvussa esitellään lyhyesti tapaustutkimuksen kohdeyritys, tarkemmin tutkittava tuote ja sen tarkoitus sekä tutkimuksen esitietojen kerääminen sähköisen kyselyn avulla. Tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena Valmet Oy:n Jyväskylän yksikössä. Tutkimuksen kohteena on Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela, joka kuuluu Valmetin modulaaristen puristimen telojen tuoteperheeseen. Tutkimuksessa tutkitaan Valmet Oy:n paperiliiketoiminnan myynti -ja toimitusprosessin kehittämistä moduloinnin ja konfiguroinnin avulla. Tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena, joka käsittelee modulaarisuuden ja konfiguraatio -ohjautuvan myynti -ja toimitusprosessin vaikutusta paperikonekomponentin suunnitteluprosessiin. Tutkimuksessa pyritään kehittämään käytössä olevan tietojärjestelmäarkkitehtuurin sekä modulaarisen tuoterakenteen avulla konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi, jota tehostetaan erilaisilla suunnittelun automaation ratkaisuilla.

7.1 Valmet Oy

Valmet on maailman johtava sellu-, paperi- energiateollisuuden teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja. Valmetin visiona on tulla maailman parhaaksi asiakkaiden palvelussa. Sellutehtaiden ja bioenergiaa tuottavien voimalaitoksien sekä kartongin-, paperin- ja pehmopaperintuotantolinjojen vaatima teknologiatarjoama muodostavat vahvan pohjan Valmetin kasvulle. Vahvaa ja laajaa teknologia tarjontaa tukevat edistykselliset automaatio- ja palveluratkaisut tuomalla asiakkaiden tuotantoprosesseihin luotettavuutta ja suorituskykyä huomioiden tehokkaan raaka-aineiden ja energian käytön. Valmetin liikevaihto vuonna 2017 oli 3,2 miljardia euroa. Henkilöstö koostui yli 12 000 ammattilaisesta, jotka sijoittuivat lähelle asiakkaita ympäri maailmaa. Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa ja sen osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä. Valmetilla on toimintaa 156 toimipisteessä 33 maassa. Toimipisteet jakaantuvat 36 tuotantolaitokseen ja 120 palvelukeskukseen. Valmetilla on neljä liiketoimintalinjaa ja kaikilla niillä on globaalisti vahva markkina-asema: Palvelut -, Automaatio -, Sellu ja energia sekä Paperit -liiketoimintalinjat. (Valmet, 2018)

Valmetin missio määrittää toiminnan tarkoituksen eli tarkoitus on muuntaa uusiutuvat raaka-aineet kestäviksi tuloksiksi. Asiakkaat voivat jalostaa uusiutuvia raaka-aineita vastuullisesti ja kestävä kehityksen periaatteiden mukaisiksi tuotteiksi Valmetin tarjoaminen teknologioiden avulla. Valmetin liiketoimintaympäristöön vaikuttavat megatrendit, jotka tuovat mahdollisuuksia sekä riskejä. Johto on määrittänyt kolme megatrendiä, jotka vaikuttavat strategiaan valintoihin. Megatrendit ovat resurssitehokas ja puhdas maailma, digitalisoituminen ja uudet teknologiat sekä urbaanit, vastuulliset ja globaalit kuluttajat. Valmetin strategia on parantaa asiakkaidensa suorituskykyä laajalla tarjoamallaan prosessiteknologioita, automaattioratkaisuja sekä palveluja. Strategia ja siihen liittyvät painopisteet ovat vahvassa yhteydessä Valmetin arvoihin ja kestävä kehityksen ohjelmaan. Strategiaa toteutetaan painopisteiden kautta. Valmetin suuntaa pidemmällä aikavälillä ohjaa visio tulla maailman parhaaksi asiakkaiden palvelussa. ”Valmetin tie eteenpäin” kiteyttää tunnistetut megatrendit, mission, strategian sekä niihin liittyvät toimenpiteet. (Valmet, 2018)

Paperi liiketoimintalinja toimittaa kartonki- pehmopaperi ja paperikoneita ja niihin liittyviä laitteita sekä uudistuksia kartonki-, pehmopaperi- ja paperiteollisuudelle. Edellä mainittujen koneiden tuotteita käytetään lukuisissa lopputuotteissa kuten pakkauksissa, hygieniatuotteissa sekä kirjoitus- ja painopapereissa. Tuotteiden raaka-aineena käytetään ensiö- ja kierrätysmassaa. Paperinvalmistusprosessi sisältää useita vaiheita, jossa massalietteestä valmistetaan rainaamalla, puristamalla ja kuivaamalla kartonkia, pehmopaperia sekä kirjoitus- ja painopaperia. Paperitehtaissa on näiden lisäksi muun muassa massan käsittelyä ja paperin jälkikäsittelyä, kuten rullausta, pituusleikkausta ja rullankäsittelyä varten tarkoitettua teknologiaa sekä laitteita. (Valmet, 2018)

Paperikoneiden elinkaari on yleensä useita kymmeniä vuosia. Tämä mahdollistaa markkinat eri kokoisille koneuudistuksille ja parannuksille. Koneuudistuksilla lisätään tuotantoa, parannetaan laatua, muunnetaan paperikone tuottamaan eri paperilajia tai siirretään kokonainen paperikone tai sen osa uudelle maantieteelliselle alueelle. (Valmet, 2018)

Paperit -liiketoimintalinjan asiakkaat ovat pääasiassa paperiyhtiöt sekä kartongin ja pehmopaperin tuottajat. Tärkeimmät maantieteelliset markkina -alueet uusille kartonki -ja paperikoneille ovat Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alueet. Eurooppaan ja Pohjois-Amerikkaan painottuvat vastaavasti uudistushankkeet. (Valmet, 2018)

Paperit -liiketoimintalinjan toimitukset perustuvat pääasiassa projekteihin. Projektit määrittyvät pääasiassa tarjouskilpailun perusteella ja projektisopimukset ovat tyypillisesti kiinteähintaisia. Sopimuksen allekirjoituksen jälkeen projektin toteutus kestää yleensä 12 -24 kuukautta. Globaali digitalisaatio, verkkokauppojen yleistyminen sekä pakkausmateriaalin kasvava tarve ovat vähentäneet erityisesti paino- ja kirjoituspaperien tarvetta ja lisännyt kartongin tarvetta. Pehmopaperien kysynnän kasvuun vaikuttaa yleisen elintason nousu kehittyvillä markkinoilla. (Valmet, 2018)

7.2 Valmetin kenkäpuristimen telat

Valmetin modulaariseen kenkäpuristin telojen tuoteperheeseen kuuluvat Valmet SymBelt Shoe Press Roll sekä siihen liittyvät vastatelat OptiPress Linear puristin konseptissa Valmet SymZL Shoe Press Roll sekä OptiPress Center puristin konseptissa Valmet SymZLC Shoe Press Roll. Modulaarisen kenkäpuristin telojen kehitys aloitettiin keskileveiden koneiden sovellusalueesta. Osittain modulaarisen tarjoaman sovellusalueen rinnalle jää asiakaskohtaisesti räätälöitävä EtO -toimintatavan (Engineer-to-Order) mukainen tarjoama. Modulaarisuuden tuomia etuja pyritään jatkuvasti vahvistamaan ja tuoteperheeseen kuuluvien tuotteiden sovellusaluetta laajentamaan. Tuoteperheen jatkuvan kehittämisen tavoitteena on tarjota asiakkaalle laadukkaampia, suorituskykyisempiä sekä kustannustehokkaampia ratkaisuja lyhyemmällä toimitusajalla.

7.2.1 Puristinosa ja sen vaikutus lopputuotteeseen

Paperin ja kartongin valmistusprosessissa sekoitetaan lopputuotteen ominaisuuksien kannalta optimaaliset raaka -aineet vesipitoiseksi massaseokseksi, joka levitetään mahdollisimman tasaiseksi massarainaksi. Massarainasta poistetaan vettä suotauttamalla, puristamalla ja haihduttamalla. Jokainen vedenpoistotapa optimoidaan lopputuotteelta vaadittavien ominaisuuksien mukaan. Paperin ja kartongin rakenteellinen lujuus tulee pääasiassa kuitujen välisten vetysidosten avulla. Vetysidokset muodostuminen vaatii noin 70 -80% kuiva-ainepitoisuuden. Kartonki- tai paperikoneen alussa perälaatikko levittää massasuspension hallitusti koneen levyiseksi suihkuksi viiraosan päälle. Massasuspensio on 0,5 -1% sakeudessa levittyessään viiraosalle. Viiraosalla massasuspensiosta poistetaan vettä suotauttamalla. Viiraosan kudokset eli viirat toimivat sihteinä ja veden poistoa tehostetaan

imujen ja erilaisten vedenpoistoelementtien avulla. Rainan tullessa viiraosalta puristinosalle sen kuiva -ainepitoisuus on 17 -20%. (KnowPap 20.0)

Valmetin kenkäpuristimen telat sijaitsevat nimensä mukaisesti puristinosalla. Puristinosalla on tarkoitus poistaa radasta vettä puristamalla sekä tiivistää rataa. Lopputuotteesta riippuen puristimen jälkeinen kuiva -ainepitoisuus on 35 -52%. Yhden prosentin kuiva-ainepitoisuuden parannus puristinosalla vähentää kuivatusosan höyryn kulutusta noin 3 -4%. Märkäpuristukselle on myös suuri vaikutus lopputuotteen ominaisuuksiin. Näitä ominaisuuksia ovat sileys ja symmetria, hienojakauma, pölyävyys, kosteus ja kosteusprofiilit, huokoisuus sekä bulkki eli paksuus. Myös puristinosan jälkeiseen ajettavuuteen vaikuttavaan märkälujuteen voidaan vaikuttaa puristinosalla. (KnowPap 20.0)

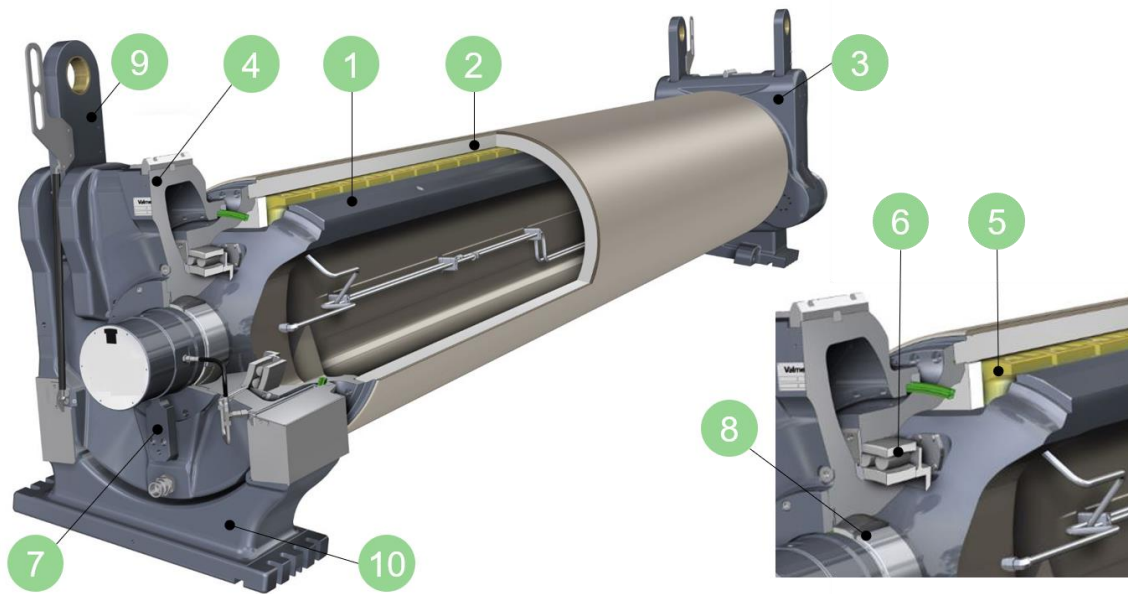
Kenkäpuristimen muodostaa Valmet OptiPress Linear konseptissa suuren viivakuorman kantava taipumakompensoitu Valmet SymZL Shoe Press Roll, yksi tai kaksi huopaa sekä hydrostaattisella tai hydrodynaamisella kuormituksella varustettu Valmet SymBelt Shoe Press Roll -tela. Kenkäpuristimessa käytettävät viivakuormat vaihtelevat 600kN/m aina 1500kN/m riippuen tuotettavasti paperi- tai kartonkilajista. Nipin pituus eli matka, jonka rata on puristuksissa kahden telan välissä, on myös moninkertainen perinteiseen telanippiin verrattuna. (KnowPap 20.0)

7.2.2 Valmet SymZL Shoe Press Roll

Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela kuuluu Valmetin modulaaristen kenkäpuristintelojen tuoteperheeseen. Sen vastatelana on Valmet SymBelt Shoe Press Roll -tela ja yhdessä ne muodostavat OptiPress Linear puristinkonseptissa kenkäpuristin nipin. Kenkäpuristin nippejä OptiPress Linear puristinkonseptissa voi olla yhdestä kolmeen. Yleisin Valmetin toimittama konfiguraatio OptiPress Linear puristin konseptista on kahdella kenkäpuristin nipillä.

Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela koostuu liikkumattomasta akselistä (1), kuormituselementeistä (5), pyörivästä vaipasta (2) sekä hoito (4) -ja käyttöpään (3) laakeripukeista. Käyttöpään laakeripukki sisältää integroidun vaihteen, joka muuttaa käyttöjen tuottaman pyörimisliikkeen (nopeuden ja momentin) prosessin vaatimaksi vaipan pyörimisliikkeeksi. Molempien päiden laakeripukeissa on lisäksi erilliset kelkat (10.) telan kiinnittämiseen puristimen runkoihin sekä kuormitusvarret (9.) vastatelana olevan Valmet

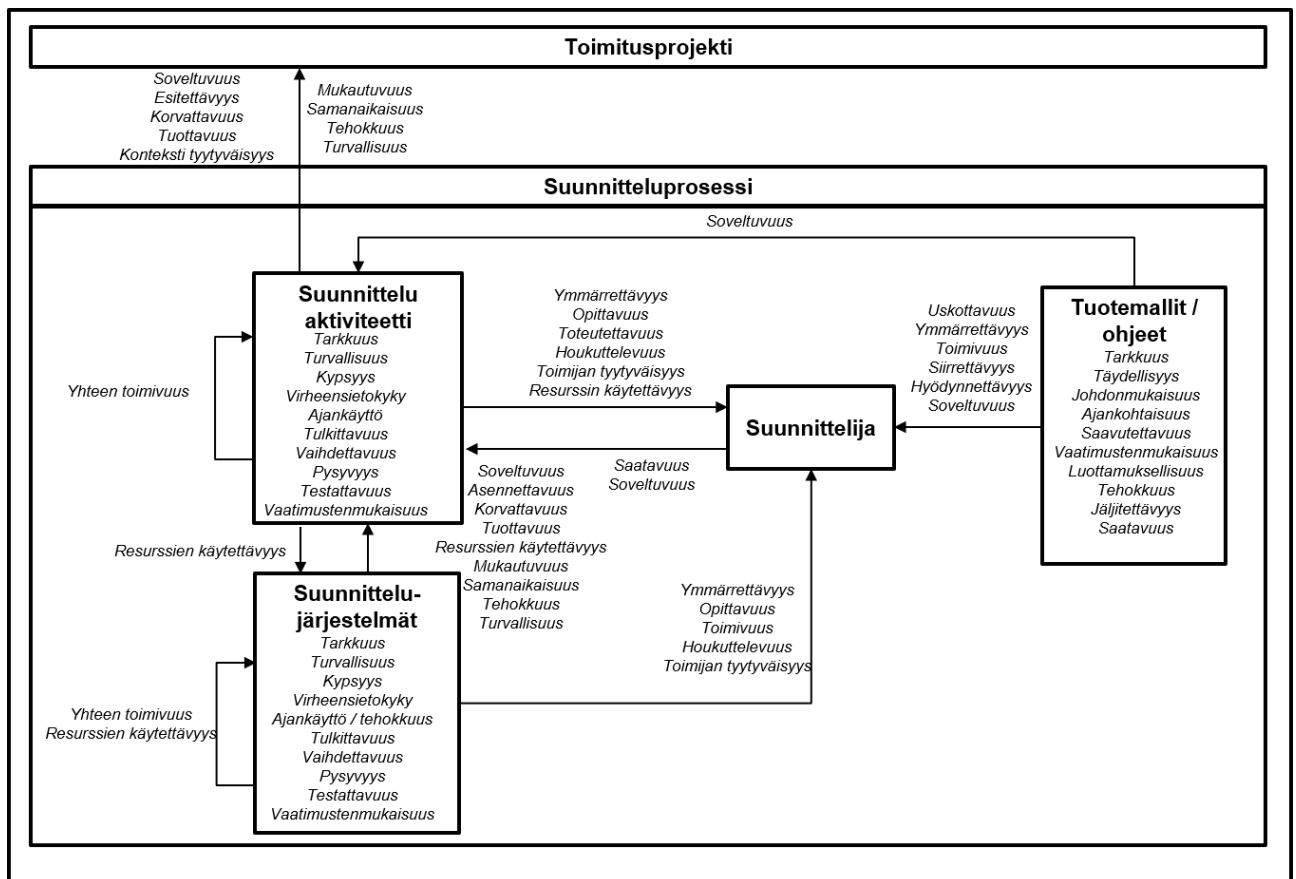
SymBelt Shoe Press Roll -telan kytkemiseen. Kuormitusliitos eli kuormitusvarret ja molempien kenkäpuristin telojen laakeripukeissa olevat kuormitustapit varmistavat suurten nippivoimien pysymisen kenkäpuristin telojen rakenteissa. Tämä mahdollistaa ympärillä olevien puristimen runkojen mitoittamisen käytännössä vain telojen massoille.



Taipumakompensoinnilla pyritään varmistamaan mahdollisimman suora kenkäpuristimen nippi koko radan leveydeltä. Näin puristettava rata kokee saman suuruisen ja pituisen puristuksen koko radan leveydeltä ja mahdollistaa tasalaatuisen lopputuotteen. Tämä tarkoittaa, että telojen radan kanssa suorassa kontaktissa olevien osien tulee olla mahdollisimman suorassa koko radan leveydeltä. Valmet SymZL Shoe Press Roll ja Valmet SymBelt Shoe Press Roll kenkäpuristin teloissa taipumakompensointiin käytetään samaa tekniikkaa. Telan sisällä oleva pyörimätön akseli kantaa nippiin halutun viivakuorman. Viivakuorma taivuttaa telan akselia, jonka taipuma kompensoidaan molemmissa teloissa olevilla kuormituselementti- tai kuormitussylinterirakenteilla. Akseli on tuettu laakeripukeista nivellaakereilla, jotka mahdollistava akselin vapaan taipumisen. Lopputuotteen tai kudoksien kanssa suorassa kontaktissa olevat osat ovat Valmet SymZL Shoe Press Roll-telan vaippa sekä Valmet SymBelt Shoe Press Roll-telan painekengän päällä pyörivä joustava polyuretaaninen vaippa eli belt.

7.3 BPQRM-viitemallin hyödyntäminen tutkimuksen esitietojen keräämisessä

Jotta BPQRM -viitemallia voidaan hyödyntää suunnitteluprosessin kehittämisessä, on siinä käytettävää termistöä muutettava ymmärrettävämpään muotoon. Tutkimusta varten muokattu BPQRM -viitemallissa resurssit korvataan tarkemmin suunnittelujärjestelmillä, informaatio- ja dataobjektit yhdistetään tuotemalleiksi sekä ohjeiksi konteksti muutetaan toimitusprojektiksi, toimija muutetaan yksinkertaisesti suunnittelijaksi sekä aktiviteetti täydennettiin suunnittelu aktiviteetiksi. Näin muokatun BPQRM -viitemallin termistö soveltuu paremmin hyödynnettäväksi suunnitteluprosessissa.



Kuva 13 Muokattu BPQRM -viitemalli suunnitteluprosessille

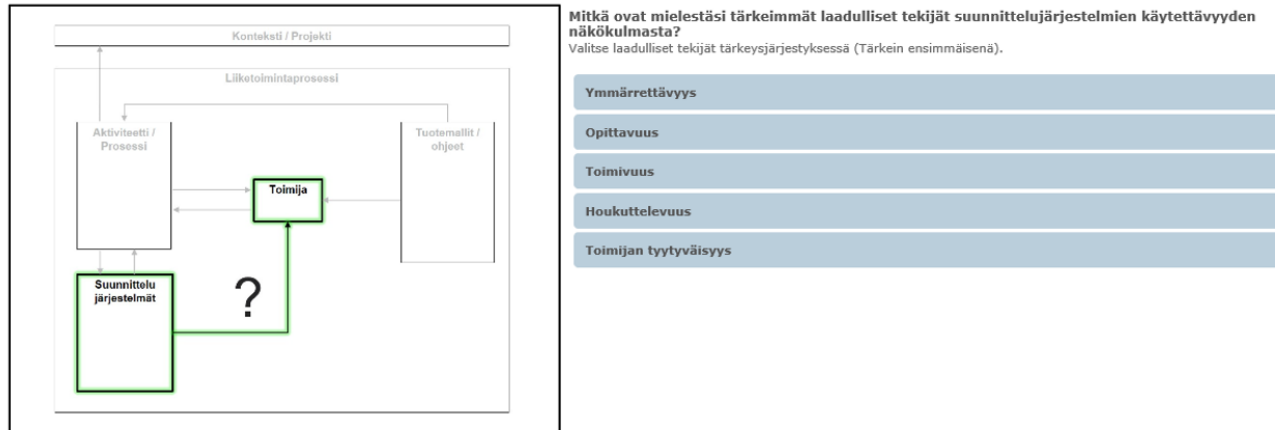
BPQRM -viitemalli sisältää suuren määrän liiketoimintaprosessiin ja tietojärjestelmiin liittyviä laadullisia tekijöitä. Tutkimuksessa sovellettiin BPQRM -viitemallia käsittelemällä suunnitteluprosessia liiketoimintaprosessina. Tutkimuksen kohteena on Telat -tuoteryhmä (Rolls Product Group). Kyselyntutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Telat -tuoteryhmän näkökulmasta suunnitteluprosessiin liittyvät tärkeimmät laadulliset tekijät. Kyselytutkimuksessa hyödynnettiin BPQRM -viitemallia kyselyn tukena. Ennakkoon tiedettiin, että riittävän osallistumisaktiivisuuden saavuttamiseksi kyselyyn tulisi olla anonyymi, jolloin sähköposti- ja paperikyselyjen käyttäminen olisi vaikeuttaneet toteutusta. Yrityksellä on käytössä kaksi sähköisten kyselyjen toteuttamiseen tarkoitettua sovellusta; Survey Monkey sekä EFS (Enterprise Feedback Suite). Survey Monkey kyselysovellus on yksinkertaisempi ja käyttäjäystävällisempi kyselyjen luontivaiheessa. Survey Monkeyn täysversiosta on luovuttu lisenssipoliittisista syistä eikä Survey Monkeyn ilmaisversio mahdollista kuin enimmillään kymmenen kysymyksen kyselyn luomisen. EFS -sovellus valikoitui käytettäväksi sen rajoittamattoman kysymysmäärän takia sekä allekirjoittaneen aiempien positiivisten käyttökokemusten mukaan. Aiemmat positiiviset käyttökokemukset perustuvat EFS -työkalun tarjoaman kyselyn tilan reaaliaikaiseen seurantaan, joka mahdollisti oikea -aikaisten ja kohdennettujen muistutuksien sekä kyselyn tilannetietojen raportoinnin. EFS-työkalun EFS Reporting+ lisämoduuli tarjosi myös monipuolisen tuloksien käsittelyn, joka helpotti tutkimuksen kannalta tarkoituksenmukaisessa formaatissa olevien tuloksien tuottamista.

7.3.1 Sähköisen kyselyn toteuttaminen

Sähköinen kysely koostui kolmesta osiosta. Ensimmäisessä osiossa selvitettiin vastaajan taustatietoja. Toisessa osiossa selvitettiin vastaajan kokemuksia ja mielipiteitä Modular Way to Operate -kehitysohjelmasta sekä sen vaikutusta telatuotteisiin. Kolmannessa osiossa suunnitteluprosessia ja siihen liittyviä osa -alueita arvioitiin BPQRM -viitemallin avulla. Kaikki kyselyn kysymykset määritettiin DAC (Do Answer Check) -tyyppisiksi, joka pakotti vastaajan vastaamaan kyseisiin kysymyksiin edetäkseen kyselyssä. Taustatietojen kyselyssä sukupuoli, ikä ja työkokemus määritettiin vapaaehtoisiksi kysymyksiksi, koska Telat-tuoteryhmä on sukupuoli jakaumaltaan miespainotteinen sekä iän ja työkokemuksen ääripäiden suhteen helposti henkilöityvä. BPQRM -viitemalliin liittyvissä kysymyksissä kysymyksen yhteyteen lisättiin periaatekuva varmistamaan kysymyksen parempi

hahmottaminen (kuva 14). Kyselyn tavoitteena oli virtuaalisesti ”yliviivata” BPQRM-viitemallista vastaajan näkökulmasta tärkeimmät laadulliset ominaisuudet.

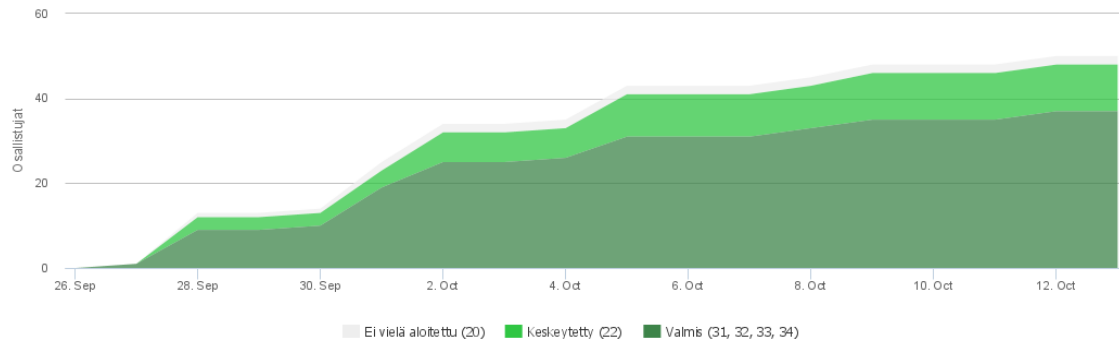
Suunnittelujärjestelmien käytettävyys:



Kuva 14 Esimerkki sähköisen kyselyn toteutuksesta periaatekuvalla

Kyselyn toimivuus testattiin koehenkilöllä ennen kutsun lähettämistä koko kohderyhmälle. Koehenkilön kommenttien perusteella havaittiin muutamia epäjohtonmukaisuuksia, jotka korjattiin ennen lopullista kyselyä.

Kyselyn osallistumisajaksi määritettiin kaksi viikkoa ja se ajoittui 26.9. -12.10.2018. Kutsu kyselyyn sekä lyhyt saateviesti lähetettiin kohderyhmälle sähköpostitse. Kutsu sisälsi linkin kyselyyn sekä liitetiedostona kuvauksen BPQRM -viitemallista ja ohjeen suunnitteluprosessiin liittyvien laadullisten tekijöiden merkittävyyden arvioimisesta. Kyselykutsu lähetettiin kootusti Telat -tuoteryhmän 58 henkilölle, joista 50 henkilöä avasi kyselyn, 48 henkilöä eteni kyselyn johdantositivusta eteenpäin ja 37 suoritti koko kyselyn. Kyselyn vastausprosentti oli 74% ja osallistumisprosentti koko tuoteryhmästä oli 64%. Kyselyajan puitteissa kohderyhmälle lähetettiin kolme muistutus- ja väliaikatieta sähköpostiviestinä.

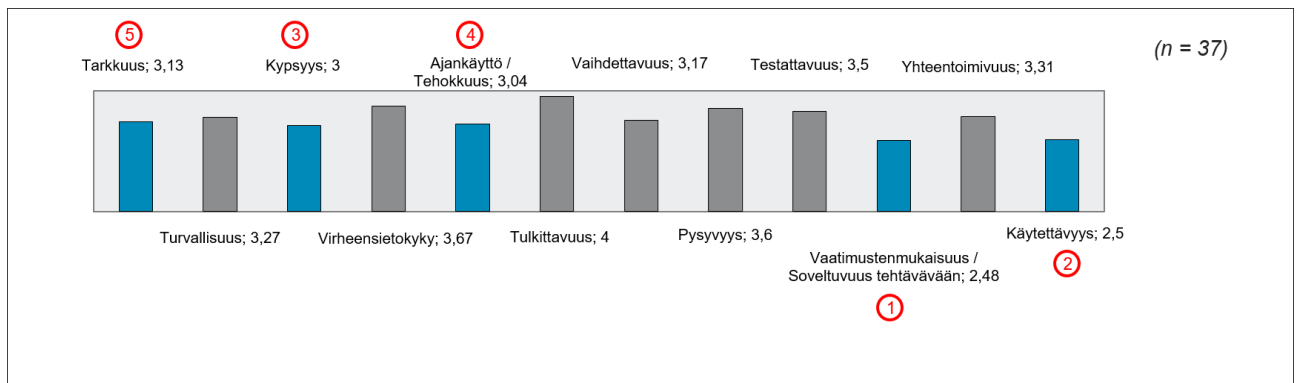


Kuva 15 Sähköisen kyselyn edistyminen

7.3.2 Sähköisen kyselyn tulokset

Kyselyn tulosten pohjalta selvisi Telat -tuoteryhmän (Rolls Product Groupin) kannalta tärkeimmät projektisuunnittelun tietojärjestelmiin ja prosessiin liittyvät laadulliset tekijät, jotka on korostettu BPQRM -viitemallissa (kuva 24). Kyselyn tulokset on esitetty alla olevissa kuvaajissa. Koko kyselyn läpikäyneet henkilöt (n=37) määrittivät suunnitteluprosessiin eri osa -alueisiin liittyvät tärkeimmät laadulliset tekijät. Kuvaajissa esitetään järjestelmän antama kaikkiin vastauksiin suhteutettu tärkeysjärjestys. Pienimmät arvot saaneet laadulliset tekijät ovat Telat -tuoteryhmän näkökulmasta kyseisen suunnitteluprosessin osa -alueen tärkeimmät laadulliset tekijät. Tekijät on numeroitu taulukkoihin tärkeysjärjestyksen mukaan.

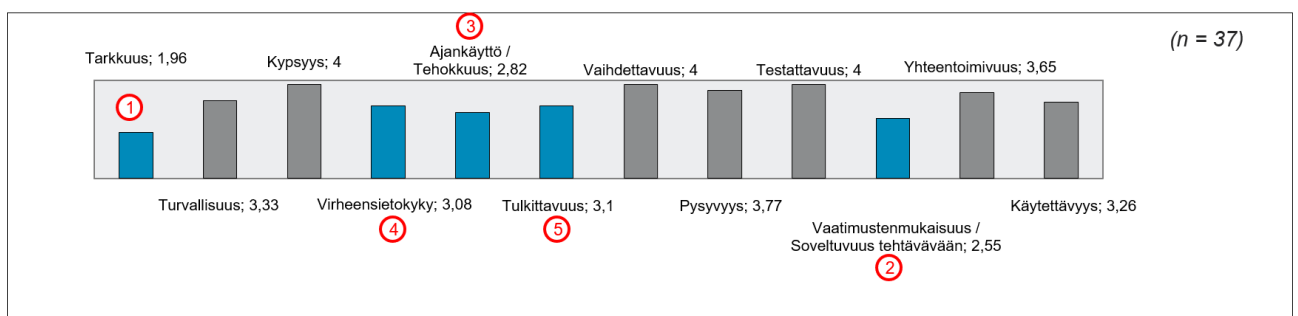
Suunnittelujärjestelmän tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 16 Suunnittelujärjestelmän tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnittelujärjestelmän tärkeimmät laadulliset tekijät olivat vaatimustenmukaisuus, käytettävyys, kypsyys, tehokkuus sekä tarkkuus. Käytettävät suunnittelujärjestelmät ovat 3DEXPERIENCE CAD -järjestelmä sekä Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmä. Näistä Valmet Paper PDM on ollut pidempään käytössä ja on käyttäjilleen tutumpi järjestelmä. 3DEXPERIENCE CAD -järjestelmä on ollut käytössä vasta muutaman vuoden Telat -tuoteryhmässä. Kaikki suunnittelijat eivät ole täysin sisäistäneet kaikkia järjestelmän mahdollistamia toiminnallisuuksia ja useat järjestelmäpäivitykset ovat vaikuttaneet käyttöliittymän muutoksella sekä joidenkin toiminnallisuuksien keskeneräisyydellä epävarmuutta jokapäiväiseen tekemiseen. Koska tutkimuksessa ei voida muuttaa suunnittelussa käytettäviä järjestelmiä, on järjestelmistä käytettävä toiminnallisesti varmoja ja ymmärrettäviä, mutta silti mahdollisimman tehokkaita toimintoja.

Suunnitteluaktiviteetin tärkeimmät laadulliset tekijät:

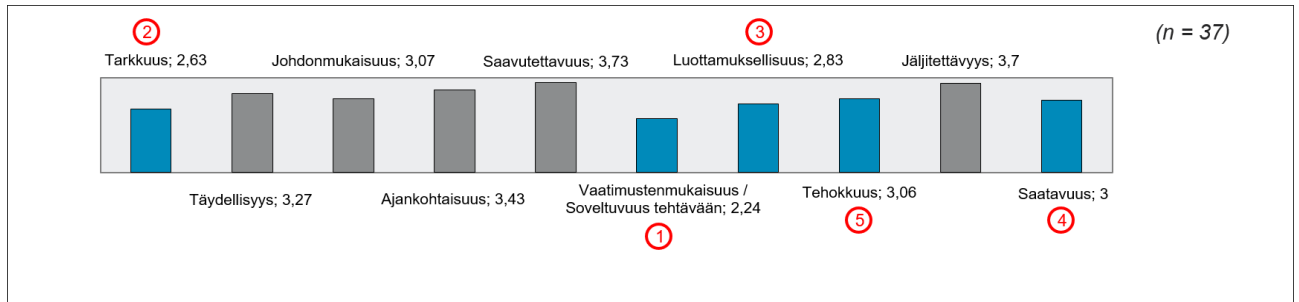


Kuva 17 Suunnitteluaktiviteetin tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnitteluaktiviteetin tärkeimmät laadulliset tekijät ovat tarkkuus, vaatimustenmukaisuus, tehokkuus, virheensietokyky sekä tulkittavuus. Vastauksista näkyy, että projektisuunnittelulla nähdään olevan suuri vaikutus tuotteen toimitusketjun myöhempien vaiheiden laadulle sekä koko projektin onnistumiselle. Virheensietokyky ja tulkittavuus ovat tärkeitä suunnitteluvaiheen jälkeisille toimitusprosessin vaiheille. Suunnitteludokumentaatiossa tulisi olla mahdollisimman hyvin tulkittavissa valmistuksessa ja hankinnassa. Virheensietokyky kuvaa suunnitteluaktiviteetin muutoksenhallintakykyä ja siihen liittyviä toimintamalleja. Suunnitteluaktiviteetin prosessikuvauksen tai työohjeen tulisi tukea

suunnittelutyötä ja olla helposti tulkittavissa, jolloin varsinainen suunnittelutyö olisi mahdollisimman hyvin mallinnettua.

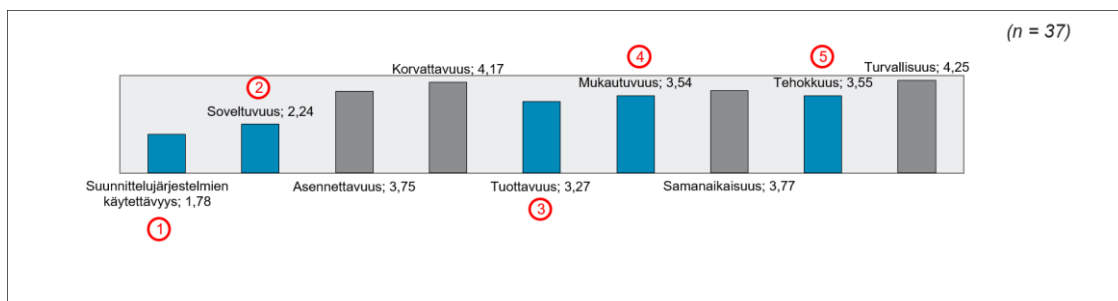
Tuotemallien ja ohjeiden tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 18 Tuotemallien ja ohjeiden tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnittelun tuotemallien ja ohjeiden tärkeimpiä laadullisia tekijöitä ovat vaatimuksenmukaisuus, tarkkuus, luottamuksellisuus, saatavuus ja tehokkuus. Vastausten perusteella suunnittelun käyttämien tuotemallien sekä ohjeiden tulisi soveltua hyvin suunnitteluun, niiden pitäisi olla tarkkoja ja suunnittelijoiden tulisi pystyä luottamaan niihin eli niiden sisällön tulisi olla ajantasaista. Tuotemallien ja ohjeiden tulisi olla myös helposti saatavilla. Seuraavat kuvaajat osoittavat eri suunnitteluprosessin osa-alueiden yhteentoimivuutta.

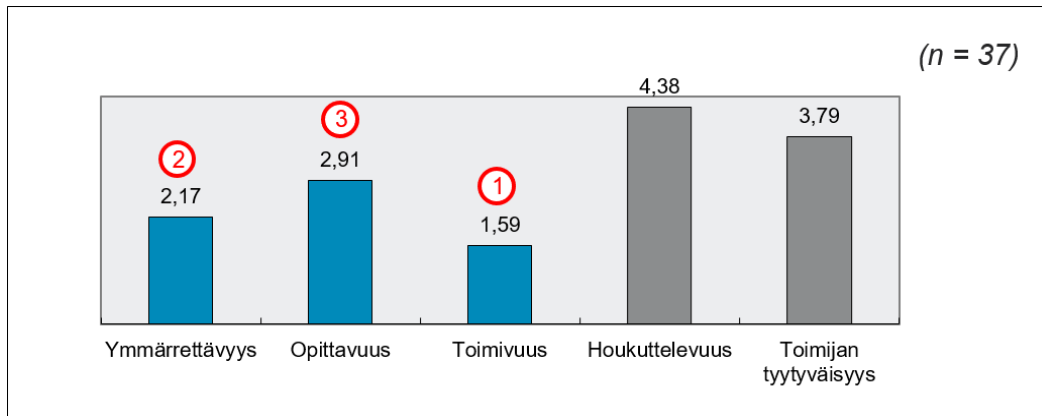
Suunnitteluaktiviteetin ja suunnittelujärjestelmien yhteensopivuuden tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 19 Suunnitteluaktiviteetin ja -järjestelmien yhteensopivuuden tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnitteluaktiviteetin ja suunnittelujärjestelmien yhteensopivuuden tärkeimmät laadulliset tekijät ovat suunnittelujärjestelmien käytettävyys ja soveltuvuus suunnittelutyöhön, suunnittelujärjestelmien ja suunnitteluaktiviteetin yhteistyönä syntyvä tuottavuus ja tehokkuus sekä mukautuvuus projektin aikaisiin muutoksiin.

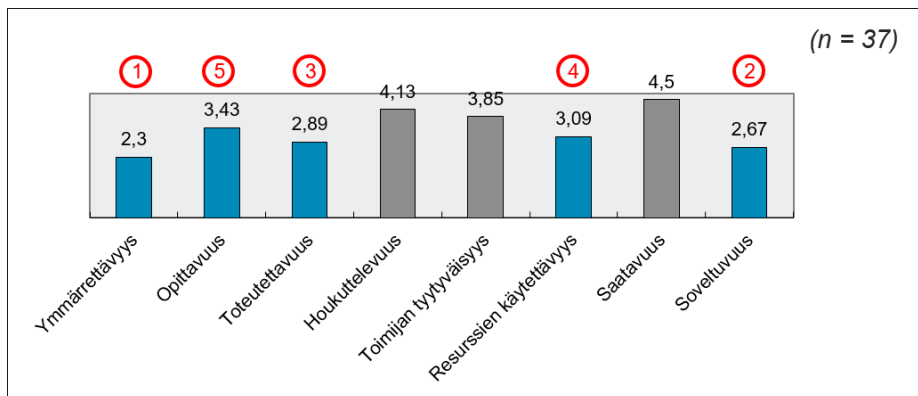
Suunnittelujärjestelmien käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 20 Suunnittelujärjestelmien käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnittelujärjestelmien käytettävyyden tärkeimmät tekijät ovat toimivuus, ymmärrettävyys sekä opittavuus. Tämä tarkoittaa, että suunnittelujärjestelmissä käytettävät toiminnot tulisivat olla ymmärrettäviä ja varmatoimisia.

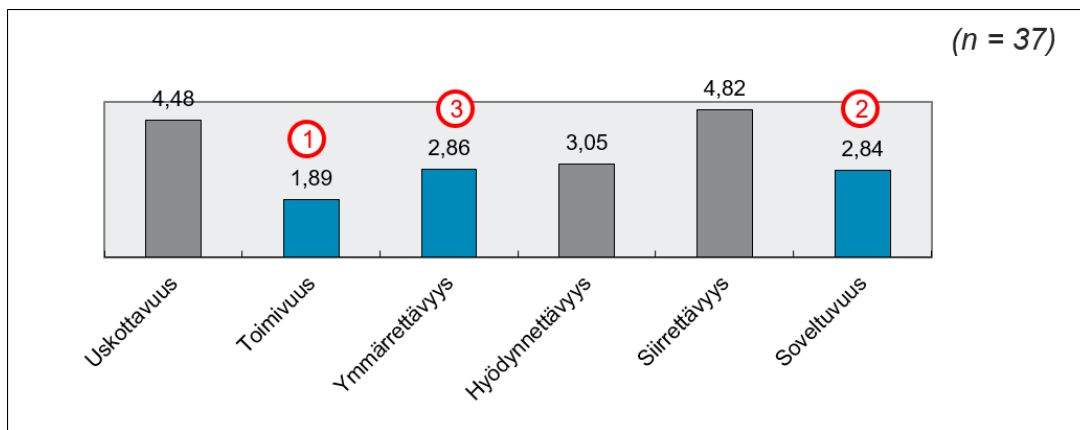
Suunnitteluaktiviteetin käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 21 Suunnitteluaktiviteetin käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät

Kyselyn mukaan suunnitteluaktiviteetin käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät ovat ymmärrettävyys, soveltuvuus, toteutettavuus, resurssien käytettävyys sekä opittavuus. Suunnitteluaktiviteetin tulisi olla hyvin ymmärrettävä, helposti opittava ja toteutettava, jolloin kokemattoman suunnittelijankin olisi helppo suoriutua vaadittavista tehtävistä. Suunnitteluaktiviteetin vaatimat resurssit tulisivat olla myös mahdollisimman tehokkaasti käytettävissä. Suunnitteluaktiviteetin kuvaamisella voidaan varmistaa mahdollisimman tehokas resurssien käyttö.

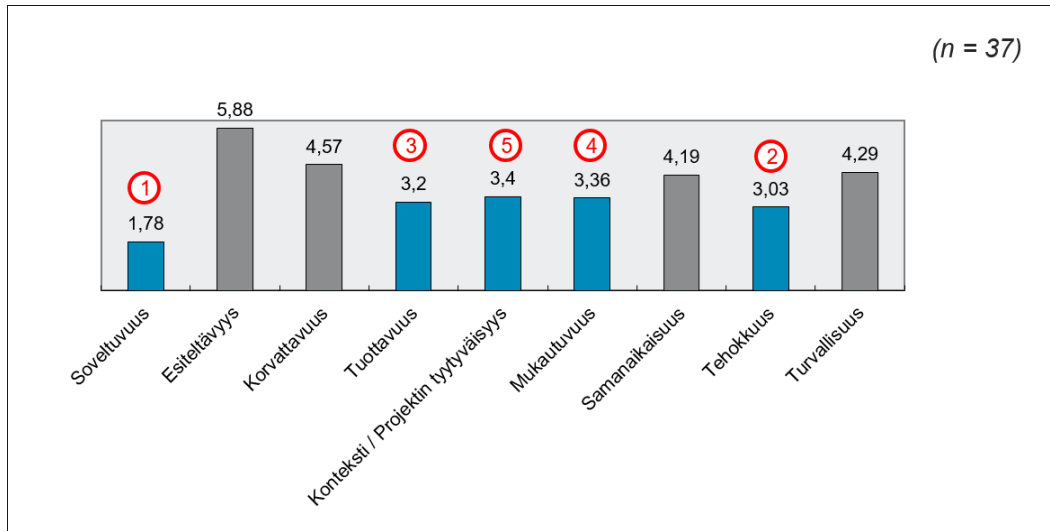
Tuotemallien ja ohjeiden käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät:



Kuva 22 Tuotemallien ja ohjeiden käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät

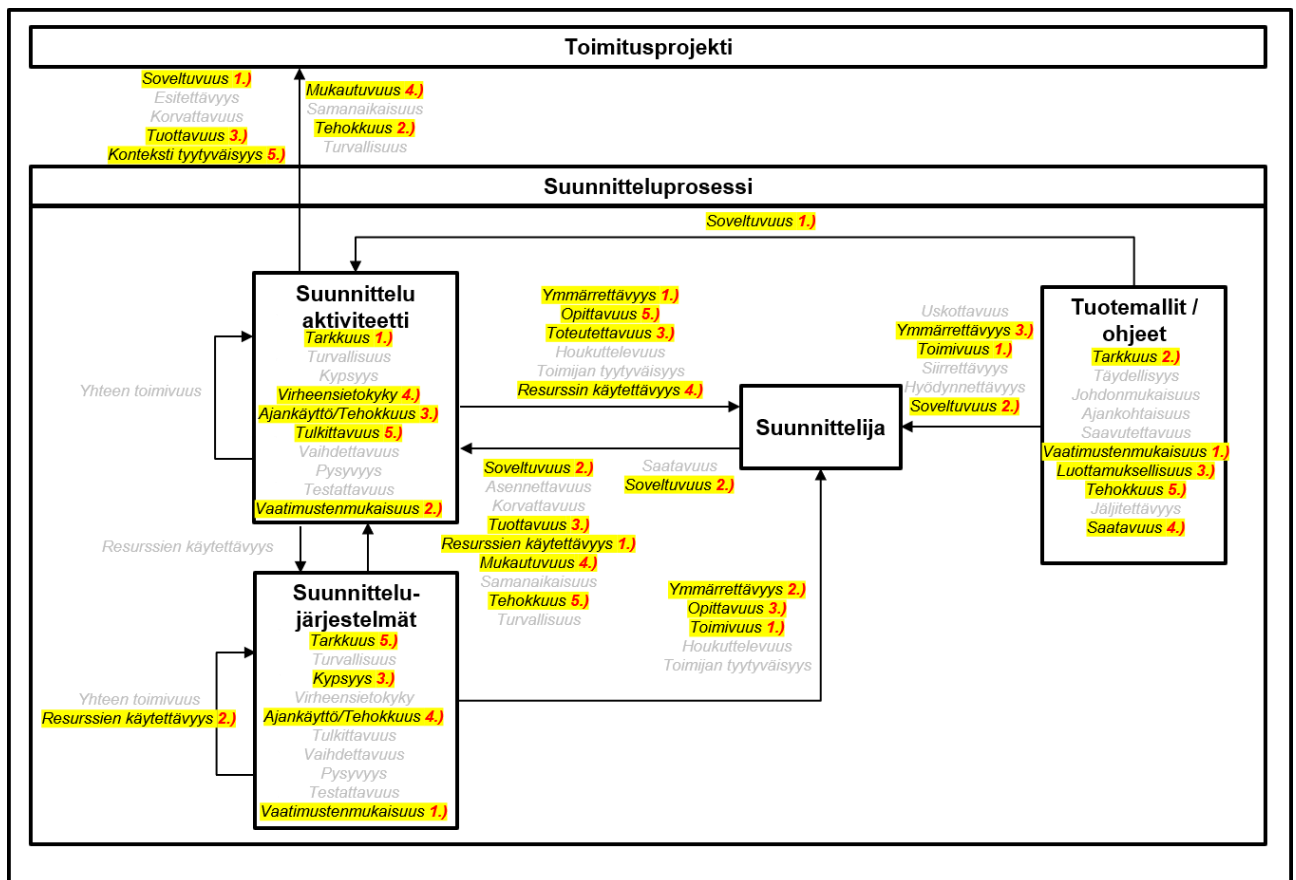
Kyselyn mukaan tuotemallien ja ohjeiden käytettävyyden tärkeimmät laadulliset tekijät ovat toimivuus, ymmärrettävyys sekä soveltuvuus vaadittavaan tehtävään. Ohjeiden tulee tukea tuotemallien toimintaa, jolloin tuotemallit ovat helpommin ymmärrettävissä ja soveltuvat näin paremmin käyttötarkoitukseensa.

Tärkeimmät laadulliset tekijät suunnitteluprosessin soveltuvuudesta toimitusprojektiin



Kuva 23 Tärkeimmät laadulliset tekijät suunnitteluprosessin soveltuvuuden toimitusprojektiin

Kyselyn mukaan tärkeimmät laadulliset tekijät koko suunnitteluprosessin soveltuvuudesta toimitusprojektiin ovat soveltuvuus, tehokkuus, tuottavuus, mukautuvuus sekä projektin tyytyväisyys. Toimitusprojektissa nousevat esille yleisesti soveltuvuus, jolla voidaan varmistaa projektin vaatiman suunnittelun tehokkuus ja tuottavuus. Projektin aikaisiin muutoksiin mukautuva ja yleisesti mahdollisimman sujuva suunnitteluprosessi takaa projektin näkökulmasta parhaat edellytykset projektin vaatimusten mukaiseen toteutukseen.



Kuva 24 BPQRM -viitemalli suunnitteluprosessin tärkeimmistä ominaisuuksista

Toimitusprojektin näkökulmasta suunnitteluprosessin tärkeimmät laadulliset tekijät ovat soveltuvuus, tehokkuus, tuottavuus, mukautuvuus sekä konteksti tyytyväisyys. Suunnittelutyön näkökulmasta suunnittelujärjestelmien tulee soveltua laadullisesti ja suorituskäytännöllisesti määritettyihin töihin. Suunnitteluaktiviteetiltä eli varsinaiselta suunnittelutyöltä vaaditaan tarkkuutta, tehokkuutta ja vaatimustenmukaisuutta, joten prosessiin liittyviltä osilta (suunnittelujärjestelmiltä sekä tuotemalleilta ja -ohjeilta) ja niiden käytettävyydeltä vaaditaan myös näitä tekijöitä. Sisäisen asiakkaan (toimitusprojekti) kannalta tärkeäksi laadulliseksi tekijäksi nousee lisäksi projektin tyytyväisyys, joka pitää sisällään aikataulullisten, laadullisten ja sisällöllisten tavoitteiden saavuttamisen. Tähän voidaan vaikuttaa liiketoimintaprosessin kokonaisvaltaisella tehostamisella.

Tehdyn esikyselyn perusteella tehokkuus, ajankäyttö ja tuottavuus nousivat esille koko liiketoimintaprosessissa, mutta myös tuotemallien, suunnitteluaktiiviteetin sekä suunnittelujärjestelmien kohdalla. Kaikissa edellä mainituissa liiketoimintaprosessin osissa tärkeäksi nousivat myös vaatimustenmukaisuus ja tarkkuus, jotka kuvaavat prosessiin liittyvien osuuksien luotettavuutta ja toimivuutta prosessin vaatimusten mukaisesti. Suunnittelujärjestelmien osalta resurssien käytettävyys nousi myös tärkeimpien ominaisuuksien joukkoon. Se kuvaa järjestelmien vikaherkkyyttä ja sitä kautta vaikuttaa koko prosessin tehokkuuteen. Toimijan näkökulmasta prosessin, tuotemallien ja ohjeiden sekä suunnittelujärjestelmien ymmärrettävyys sekä opittavuus, toimivuus ja soveltuvuus toimitusprojektin vaatimaan suunnittelutyöhön nousivat tärkeimmiksi ominaisuuksiksi. Näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi suunnitteluprosessin riittävän tarkalla kuvaamisella ja sovellusalueen määrittämisellä. Myös tuotemallien sovellusalue tulee määrittää selkeästi.

8 KONFIGUROITUVAN TUOTTEEN SUUNNITTELURAKENNE

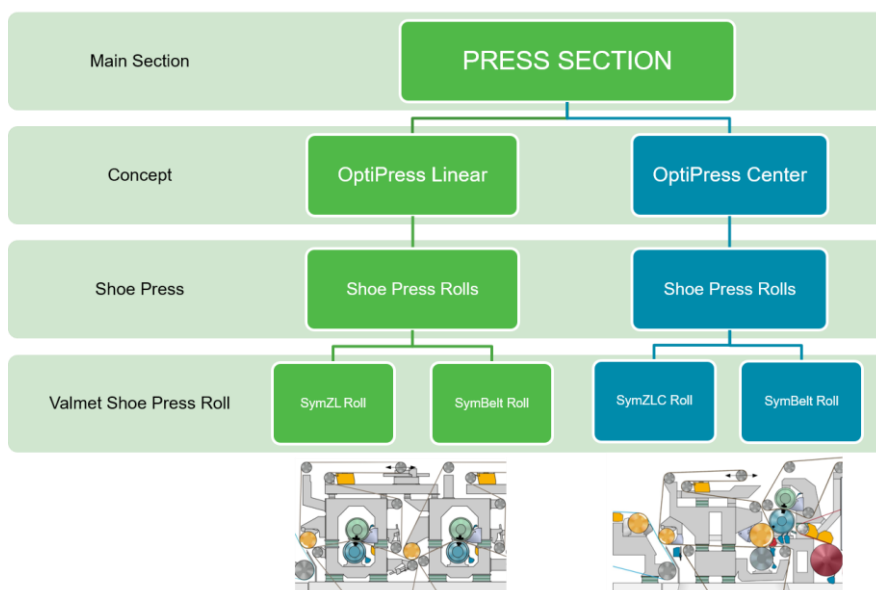
Tässä luvussa käsitellään konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakennetta. Kohdetuotteena on Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela. Paperit liiketoimintalinjaan kuuluvalla Kartonki -ja paperiliiketoimintayksiköllä on Modular Way to Operate -kehitysohjelma, jolla kehitetään modulaarisuuteen perustuva liiketoimintamalli. Modular Way to Operate -kehitysohjelmassa on tarkoitus tuoteryhmä kohtaisesti kehittää ja kuvata kullekin tuotteelle optimaalinen liiketoimintaprosessi.

Konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakenteeseen vaikuttavat kyseisen tuotteen tuotemääritys sekä suunnitteluun käytettävät tietojärjestelmät. Tuotemääritys määrittää tuotteen sovellusalueen ja säännösten tuotteen käyttämiselle. Suunnitteluun liittyvät tietojärjestelmät vaikuttavat suunnittelurakenteeseen yleensä ohjaamalla suunnittelurakennetta mahdollisimman hierarkkiseksi. Tämä korostuu etenkin CAD -järjestelmissä, joissa erilaisten alikokoonpanojen ja koontitasojen kuten ryhmäotsikoiden tai installaatioiden käyttäminen helpottaa rakenteen hallittavuutta. Tuotteen elinkaaren vaiheiden vaatima suunnitteludokumentaatio ohjaa myös suunnittelurakennetta. Tuotteen jakaminen etenkin luonnollisiin kokoonpanoihin tukee valmistusta ja kokoonpanotyötä, jolloin tiettyyn kokoonpanovaiheeseen liittyvät osat kuvataan tietyssä dokumentissa. Tämä mahdollistaa kyseiseen kokonaisuuteen liittyville osille tarkemman logistisen ohjauksen sekä parantaa tuotteen valmistuksen ohjaamista vaiheistamalla konkreettista tekemistä. Edellä mainituista asioista johtuen suunnittelurakenne on yleensä kompromissi, joka huomioi tuotemääritykset, tietojärjestelmissä olevat mahdollisuudet ja rajoitteet sekä tuotteen eri elinkaaren vaiheiden dokumentaatio vaatimukset.

8.1 Valmet SymZL Shoe Press Roll tuotemääritys

Valmetin modulaariseen kenkäpuristin telojen tuoteperheeseen kuuluvat Valmet SymBelt Shoe Press Roll sekä siihen liittyvät vastatelat OptiPress Linear puristin konseptissa Valmet SymZL Shoe Press Roll sekä OptiPress Center puristin konseptissa Valmet SymZLC Shoe Press Roll. Modulaaristen kenkäpuristin telojen kehitys aloitettiin keskileveiden koneiden sovellusalueesta. Tuotenimessä olevan ”Shoe Press Roll” eli kenkäpuristin tela määritys on merkittävin tuotteita yhdistävä tekijä. Kenkäpuristin on ollut paperin ja kartongin

valmistuksessa merkittävin puristimen tuotantokapasiteettia parantava asiakassovellus ja teknologia aina 1990 -luvulta lähtien. Valmetin kenkäpuristin telat ovat Valmetin avainteknologiaa, joten niiden valmistus on myös keskitetty yhteen valmistusyksikköön. Tuoteperheen telat sisältävät myös yhteneviä valmistusteknisiä ratkaisuja sekä täysin samoja tai samankaltaisia osia.



Kuva 25 Valmet puristinosan kenkäpuristintelat

Tuotekehitysvaiheessa Valmet SymZL Shoe Press Roll -telalle määritettiin suurin osa tuoteperheen määrittämisistä. Määrittämiset on tallennettu käyttötarkoituksen mukaan tarkoituksenmukaisimpiin tietojärjestelmiin. Tuotekehitysvaiheeseen liittyvät määrittämiset tallennettiin tuotekehitysprojektille avattuun tietokantaan ja operatiiviseen toimintaan tarvittavat määrittämiset kunkin toiminnon hallinnoimiin tietokantoihin. Suunnitteluprosessin kannalta ainakin seuraavilla tuotemäärittämisillä on suuri vaikutus prosessin toimintaan, tehokkuuteen ja laatuun.

Teknilliset ominaisuudet: Geneerinen rakenne, päämoduulit, uudelleen käytettävät moduulit, asemointikaavio, tärkeimmät dimensiot (mitat ja massat) sekä tarvittavat uudet teknologiat

Valinnaiset ja vaihtoehtoiset toiminnot: Luettelo optio -ominaisuuksista, niiden sallituista arvoista ja arvojen välisistä rajoitteista

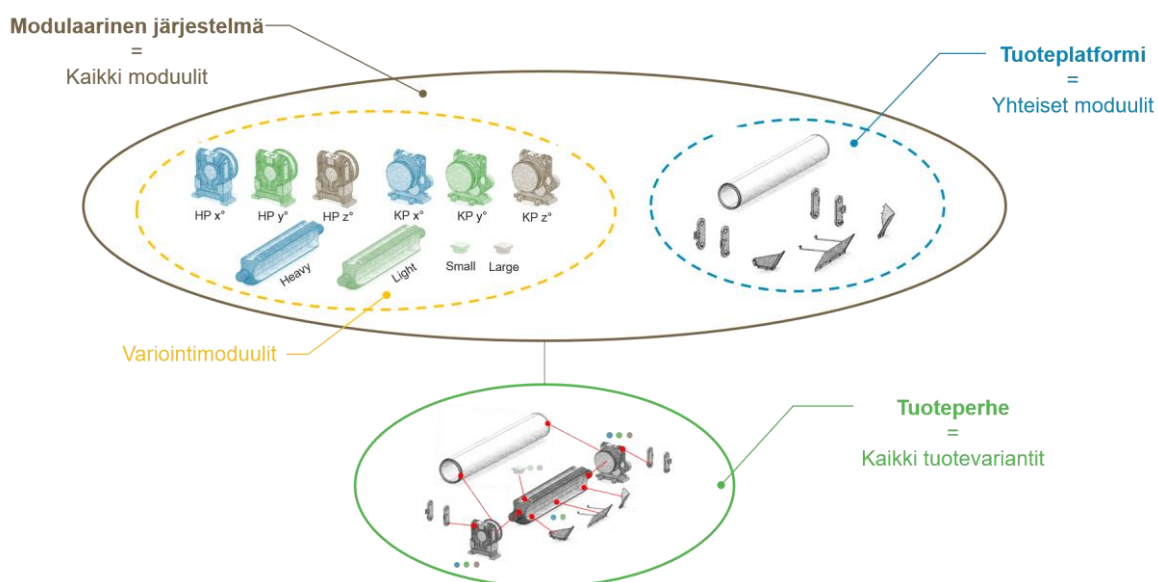
Vaatimukset tuotteeseen liittyville prosesseille: Aikataulu- ja laadulliset vaatimukset eri prosesseille, kuten tuotekehitykselle, suunnittelulle, pilotoinnille, valmistukselle, pakkaukselle, asennukselle, huollolle, hajotukselle sekä kierrätykselle.

(Martio 2015, s. 189)

Tutkimuksen tarkoituksena on kuvata suunnittelun osalta edellä mainittuja määrittämiä ja tarkentaa tältä osin tuoteperhemäärittämiä.

Modulaarinen tuoteperhe ja moduulijärjestelmä

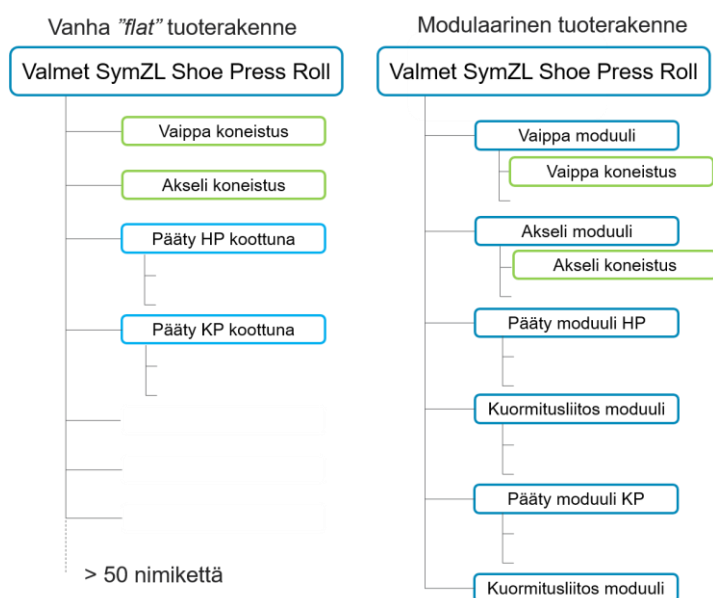
Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan moduulijärjestelmä ja tuoteperhe on kuvattu kuvassa 26. Moduulijärjestelmä sisältää yhteiset moduulit kuten vaipan, kuormitusliitoksen sekä akseliin kiinnitettävät voiteluöljyn keräyspellit sekä tuotteen variointimoduulit eli eri nippikulmissa olevat päätymoduulit, light- ja heavy- akseliprofiilit sekä pienen ja ison kuormituselementin.



Kuva 26 Periaate Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan modulaarisesta järjestelmästä, tuoteplatformista sekä tuoteperheestä

Modulaarinen rakenne

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuotekehityksen jälkeinen suunnittelurakenne ja päämoduulit eivät tukeneet täysin modulaarisuutta eikä sitä kautta myöskään konfigurointia. Tuotekehitysvaiheen telan suunnittelurakenne koostui telan kokoonpanon matalan hierarkian flat -rakenteesta eli kaikki telaan liittyvät osat olivat päätason alla. Poikkeuksena tähän olivat päätymoduulit, jotka olivat rakenteellisesti suunniteltu ja kehitetty erillisiksi hallittaviksi kokonaisuuksiksi ja sitä kautta myös alihankintaan sopiviksi. Jotta Valmet SymZL Shoe Press Roll voitiin mallintaa konfiguraattoriin, oli tuotteen geneerinen rakenne ja jako päämoduuleihin tehtävä uudestaan.

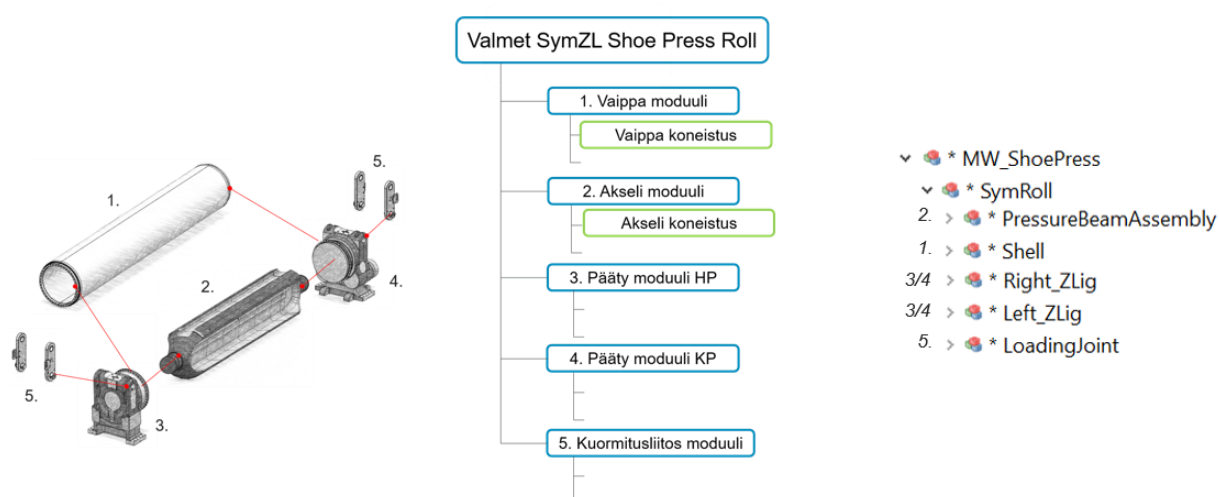


Kuva 27 Vanha "flat" tuoterakenne vs modulaarinen tuoterakenne

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnitteluun ja suunnitteludokumentointiin vaikuttavat moduuliajurit liittyvät suunnitteluun ja tuotekehitykseen, varioituvuuteen sekä valmistukseen ja alihankintaan. Tuoteominaisuuksien siirto edelliseltä sukupolvelta kohdentuu liukuelementteihin, joita käytetään laajasti Valmetin taipumakompensoiduissa teloissa. Liukuelementti on myös hyvä esimerkki yhteisestä yksiköstä samoin kuin vaihdeosiin kuuluvat käyttötapit. Näitä voidaan suunnittelumielessä käsitellä vakio -osina ilman projektikohtaista muutostarvetta. Tekninen varioituvuus vaikuttaa

kokoluokkakohtaisiin osuuksiin, joissa generisesti saman osan suorituskyky ja ulkoiset mitat varioituvat tuoteperheen sisällä. Näissäkin varioituvuus on jätetty yksittäisiin osiin, jolla voidaan maksimoida suunnitteludokumentaation uudelleenkäyttöä. Valmistuksen kannalta tuotantoprosessi on vaikuttanut Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan merkittävimpiin komponentteihin eli vaippaan ja akseliin. Näiden komponenttien tuotantoprosessi on suunniteltu Valmetin oman valmistuksen mukaisesti. Nämä komponentit kokevat leveysriippuvuuden, jonka johdosta niiden dokumentaatioon tuottamiseen sisältyy yleensä eniten työtä. Päätymoduulien vakio -osien rakenteeseen on vaikuttanut niiden alihankittavuus. Alihankittavuus pitää sisällään yksittäisten osien valmistuksen alihankinnan sekä mahdollisesti myös suuremman kokonaisuuden kokoonpanotyön.

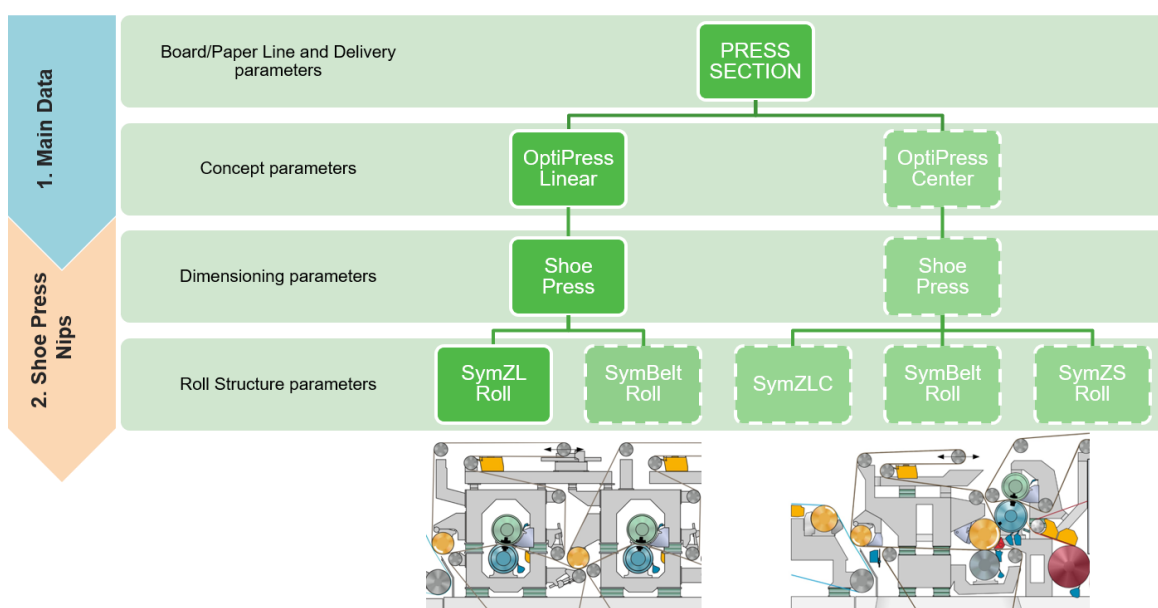
Tutkimuksessa käsitellään vain Valmet SymZL Shoe Press Roll -telaa, jolloin siihen liittyvä modulaarinen järjestelmä kuvaa kaikki tuotteeseen liittyvät moduulit, joista voidaan rakentaa kaikki Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuoteperheen sovellusalueen tuotteet eli telan eri konfiguraatiot. Konfigurointimallissa Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela sisältää viisi päämoduulia; vaippa moduuli, akseli moduuli, pääty moduuli HP ja pääty moduuli KP sekä molempien päiden kuormitusliitos moduulit. Konfigurointimallissa kuormitusliitokset (LoadingJoint) hallinnoidaan yhdellä moduuliryhmällä (Module Set)



Kuva 28 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan moduulirakenne

Sovellusalueen ja tarvittavien tuoteparametrien määrittäminen

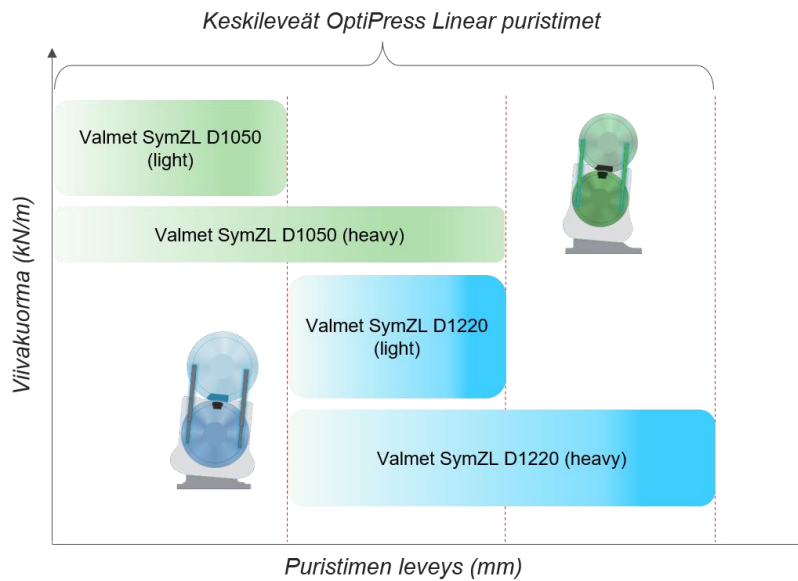
Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfigurointiin käytetään yleisiä kartonki- tai paperikonelinjaan ja toimitukseen liittyviä pääparametreja, puristinosan layouttiin ja prosessiin vaikuttavia parametreja sekä tietenkin telakohtaisia parametreja. Parametrien jako perustuu konfigurointivaiheisiin, joilla pyritään supistamaan vaiheittain mahdollisten ratkaisujen joukkoa. Näin tuotteen konfigurointi on tehokkaampaa ja käyttöliittymä pysyy helposti ymmärrettävänä.



Kuva 29 Tuoteparametrien tasot

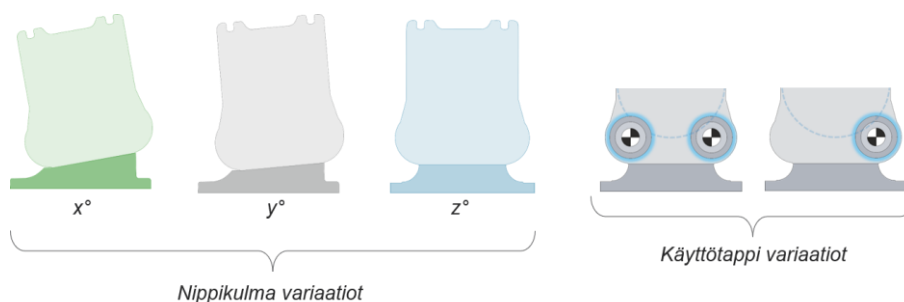
Kartonki- ja paperikoneille on yleistä, että niiden leveys vaihtelee projekteittain. Leveyden vaihteluun vaikuttaa asiakkaan valmistama lopputuotteen leveys, jota voi rajoittaa käytössä olevien tuotantotilojen fyysiset mitat esimerkiksi olemassa oleva tehdashalli tai runko. Uusissa konelinjoissa tavoiteltu vuosituotanto on ohjaavana tekijänä koneen leveyden määrittämisessä. Vuosituotanto perustuu koneen leveyden, tuotantonopeuden sekä prosessin kuiva -aineeseen ja ajettavuuteen vaikuttavien komponenttien kombinaatioon. Uusissa konelinjoissa lopputuotteen kustannusoptimaalisesta tuottamisesta johtuen markkinoilla toistuvat tietyt vakioleveydet.

Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela kuuluu prosessin kuiva -aineeseen ja ajettavuuteen vaikuttaviin komponentteihin. Pääsääntöisesti prosessiin vaikutetaan puristusvoimalla eli viivakuormalla. Viivakuorma ja nippileveys (Nip Width) vaikuttavat telan halkaisijaan eli kokoluokkaan (SymD_{Size}), joka vaikuttaa puristimen layouttiin muuttamalla huopien geometriaa ja sitä kautta muiden komponenttien sijaintia. Telan sisäosissa viivakuorma ja nippileveys vaikuttavat akselin poikkileikkaukseen ja sitä kautta koko telan kuormankantokykyyn. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuoteperhe sisältää kaksi kokoluokkaa (D1050 ja D1220), joissa kussakin on kaksi akselin poikkileikkausprofiilia (Light ja Heavy). Kullekin akselin poikkileikkausprofiilille (Shaft Profile) on määritetty tuotekehitysvaiheessa valintakäyrä viivakuorman ja nippileveyden funktiona. Kun haluttu viivakuorman ja nippileveyden kombinaatio ylittää tietyn akseliprofiilin kuormankantorajan valitaan ensisijaisesti saman kokoluokan jäykempi akseli ja tarvittaessa suurempi kokoluokka. Tuoteperheen sovellusalue ja viivakuorman ja leveyden vaikutus on esitetty kuvassa 30, jossa kunkin akseliprofiilin sovellusaluetta kuvaa vaakasuuntainen palkki. Palkin korkeus kuvaa suhteellista viivakuormaa ja palkin leveys paperikoneen leveyttä. Kuvasta voidaan havaita, kuinka suhteellinen viivakuorman (palkin korkeus) pienenee leveyden kasvaessa. Valintajärjestys kuormankantokyvyn mukaan on D1050 Light < D1050 Heavy < D1220 Light < D1220 Heavy. Akselin valinta määrittää käytännössä koko telan kokoluokan, jolloin pyörivän vaipan variantti, molempien päätyjen variantit sekä kuormitusliitos variantti valitaan kokoluokan mukaan. Akselin kiinnittyvät osat ovat pääsääntöisesti myös kokoluokkakohtaisia ja suurimmaksi osin leveysriippuvaisia. Tuoteperheen sisällä yhteisiä moduuleja ovat kuormituselementit, joiden lukumäärään, kokoon ja jakoon vaikuttavat viivakuorma, nippileveys, vastatelan painekehä sekä vaipan päällä oleva pinnoite.



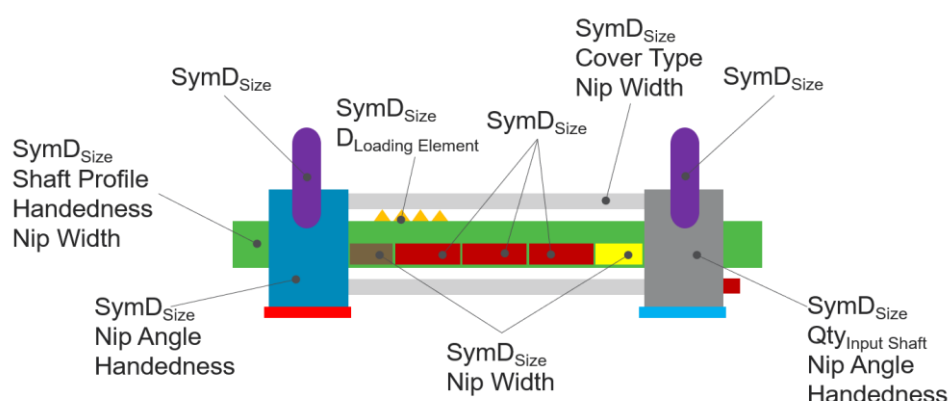
Kuva 30 Valmet SymZL Shoe Press Roll tuoteperheen sovellusalue

Asiakkaan olemassa olevat tuotantotilat tai kartonki -tai paperikoneen tuottama lopputuote voivat vaatia ominaisuuksia, joista johtuen kartonki- tai paperiradan geometriaa joudutaan asiakaskohtaisesti räätälöimään. Puristinosalla tämä tarkoittaa esimerkiksi kenkäpuristin nipin kallistuksen säätämistä. Valmet SymZL Shoe Press Roll tuoteperhe sisältää kolme vakio nippikulmaa (Nip Angle); x° , y° ja z° . Nippikulman muutos näkyy molempien päätymoduuleissa laakeripesän alla olevassa kolkassa. Periaate nippikulma variaatioista on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31 Nippikulma ja käyttötappi variaatiot

Valmet SymZL Shoe Press Roll on käytöllinen tela eli se pyörittää puristinosalla olevia huopia. Tästä johtuen Valmet SymZL Shoe Press Roll sisältää integroidun vaihteen, joka muuttaa käyttöjen tuoman pyörimisliikkeen (nopeuden ja momentin) prosessin vaatimusten mukaiseksi. Koneen nopeus ja puristinosalla olevat rataa jarruttavat prosessilaitteet kuten imulaatikot vaikuttavat integroituun vaihteeseen muuttamalla tarvittavaa momenttia ja sitä kautta käyttöpisteiden lukumäärää. Käyttötappien variaatiot on esitetty kuvassa 31.



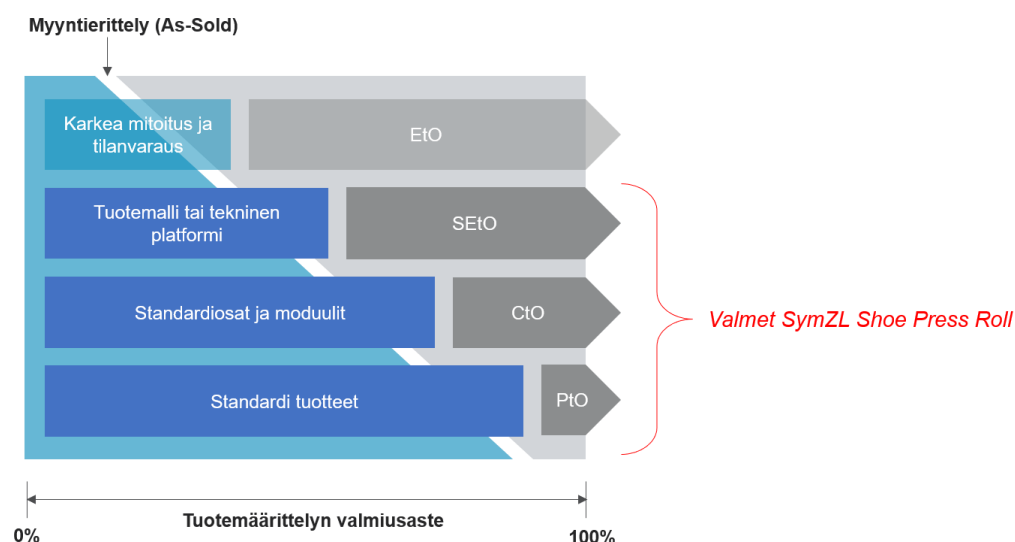
Kuva 32 Eri parametrien vaikutus Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan eri moduuleihin ja niiden sisäisiin osiin

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuoteparametrit on esitetty kuvassa 32. Kuvasta on selkeä havaita, että telan kokoluokka ($SymD_{Size}$) vaikuttaa kaikkiin moduuleihin. Telan kokoluokan lisäksi normaaleja projektiparametreja ovat nippileveys (Nip Width), nippikulma (Nip Angle), toimitettavan linjan kätsisyys (Handedness) sekä nippikuorman ja nippileveyden kombinaationa syntyvä akseliprofiili (Shaft Profile).

8.1.1 Tuotteen räätälöinnin aste

Kirjallisuudessa MtO -lyhenne kuvaa kahta tuotemäärittely prosessia (Make-to-Order sekä Modify-to-Order) joten tutkimusta varten tarvitaan uusi määrittely. Vaikka muokataan tilauksesta (MtO) pitää sisällään halutun määrittelyn siihen sisältyvästä suunnittelusta niin nimestä puuttuu suunnittelu (Engineer), joten työn tavoitteen vuoksi luodaan tutkimukseen tältä osin hiukan tarkemmat tuotemäärittelyprosessin nimet ja lyhenteet: suunnitellaan tilauksesta EtO (Engineer-to-Order), systemaattinen suunnittelu tilauksesta SEtO (Systematic

Engineer-to-Order), konfiguroidaan tilauksesta CtO (Configure-to-Order). Valmistetaan tilauksesta MtO (Make-to-Order) ei myöskään sovellu Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan näkökulmasta vakio -osien tuotemäärity prosessiksi. Hankitaan tilauksesta kuvaa paremmin vakio -osien tuotemäärityä, joten tutkimuksen kannalta luodaan vielä yksi uusi tuotemäärity prosessi PtO (Purchase-to-Order).



Kuva 33 Eri tuotemäärity prosessien tuotemäärityjen valmiusaste

Kartonki- ja paperikoneteollisuus on perustunut vahvasti EtO -tuotemäärityyn. Vaikka kartonki- ja paperikone kaikkine komponentteineen saataisiin täydellisesti moduloitua, leveyden määrittäminen jää edelleen projektikohtaiseksi etenkin vanhoihin koneisiin tehtävissä päivityksissä eli uusintoissa (rebuild). Uusissa konelinjoissa markkinoilla toistuvat tietyt vakioleveydet lopputuotteiden kustannusoptimaalisesta tuottamisesta johtuen. Puristinosan uusintoissa on normaalia räätälöidä kartonki- tai paperinvalmistusprosessin radan geometriaa tehdashallin tai olemassa olevan koneen asettamien rajoitteiden takia. Tämä vaikuttaa kenkämpuristin nipin kallistukseen. Leveydenmuutos- ja kenkämpuristin nipin kallistusmuutostarpeista johtuen Valmet SymZL Shoe Press Roll moduulisysteemiin sisällytetään CtO-tuotemäärityn lisäksi SEtO-tuotemäärity, joka mahdollistaa leveysriippuvaisten varianttien tuottamisen sekä kartonki- ja paperikoneiden valmistusprosessin vaatiman hienosäädön kenkämpuristin nipin kallistumalla. SEtO-

tuotemääritys korostaa projektikohtaista suunnittelun tarvetta ja erottaa sen CtO-tuotemäärityksestä, vaikka kirjallisuudessa (Jenssen et al.2012, s.2) leveysriippuvaisten ja vakioista nippikulmista poikkeavien parametrisesti ohjattavien varianttien tuottaminen sisältyykin leikkaus modulaarisuuteen (Cut-to-Fit). SymZL Shoe Press Roll -telaan kuuluvat piirustukselliset standardiosat ja moduulit kuuluvat CtO -tuotemääritykseen ja telassa käytettävät kaupalliset standardituotteet, kuten kiinnitystarvikkeet, tiivisteet ja laakerit kuuluvat PtO -tuotemääritykseen.

8.1.2 Tuotearkkitehtuurin ja alikokoonpanojen määrittely

Jotta Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguroituvaa suunnittelurakennetta voidaan kehittää, on tuotearkkitehtuurin määrittely tehtävä. Jenssen et al. (2012) mukaan konfiguroituvat tuotteet voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiseen modulaariseen järjestelmän tyyppiin: paikka (slot), väylä (bus) ja palapeli (sectional). Määrittely auttaa hahmottamaan kuhunkin modulaarisuuden tyyppiin parhaiten sopivan suunnittelujärjestelmän mahdollistaman mallinnustavan. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan päämoduulit jakavat rakenteen helposti hallittaviin kokonaisuuksiin. Taulukossa 3 on esitetty modulaarisuuden vaikutus eri moduulien ja osien mallinnustapaan. Taulukosta voidaan havaita, että leveysriippuvaiset osat eli Valmet SymZL Shoe Press Roll -tela, akseli moduuli ja vaippa moduuli sisältävät eniten asiakaskohtaista suunnittelua (SEtO). Vaikka tela olisi täysi kopio jostain aikaisemmin toimitetusta telasta, on Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan kokoonpano taso aina projektikohtainen. Leveysriippuvaisien osuuksien mallinnustapa on parametrinen malli tai kokoonpano. Jos päämoduuli eli alikokoonpano sisältää parametrisen osan, on osan päämoduulikin parametrinen. Parametriset kokoonpanot voivat sisältää vakio-osia, joiden kappalemäärä varioituu asiakaskohtaisesti. Vastaavasti Valmet Paper PDM -tuotetiedon hallintajärjestelmässä leveysriippuvaisten osien mallinnustapa on mallinimike. Mallinimikkeestä löytyy kaikki mahdolliset variantit. Suunnittelun kannalta työläin osuus on akseli moduuli, koska se toimii telan selkärankana eli siihen kiinnittyy suurin osa telan osista. Akseli moduuli kokee leveysmuutoksen lisäksi kokoluokka muutoksen, akseliprofiilin muutoksen sekä kätisyysmuutoksen. Koska Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan sovellusalueelta on havaittu muutama markkinoilla toistuva vakio leveys, voidaan vakioleveyksiä käsitellä vakio-osina ja -kokoonpanoina. Tämä tarkoittaa, että akseli moduuli sisältää parametrisen variantin lisäksi nämä muutamat markkinoilla toistuvat

vakioleveysvariantit. Akseli moduulin rakenteellinen koko sekä varianttien vaatima ohjaaminen suunnittelujärjestelmissä määrittää tason konfiguraatio -ohjautuvalle suunnitteluprosessille. Vastaavasti pääty moduulit ja kuormitusliitosmoduuli perustuvat vakio- osien ja -kokoonpanojen oikeiden varianttien valintaan. Pääty moduulia voidaan varioida määritettyjen nippikulma rajoitteiden puitteissa, jolloin käytetään pääty moduulien parametrisia kokoonpanoja ja kelkkojen parametrisia malleja. Taulukon 3 mukaan voidaankin todeta, että suunnittelujärjestelmien näkökulmasta paras tapa hallita Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuoterakenteita on ohjata niitä päämoduuli eli kokoonpano tasoilta niin että valittavat kokoonpanojen variantit ovat valmiiksi suunniteltuja vakio kokoonpanoja tai asiakaskohtaisen suunnittelun sallimia parametrisia kokoonpanoja.

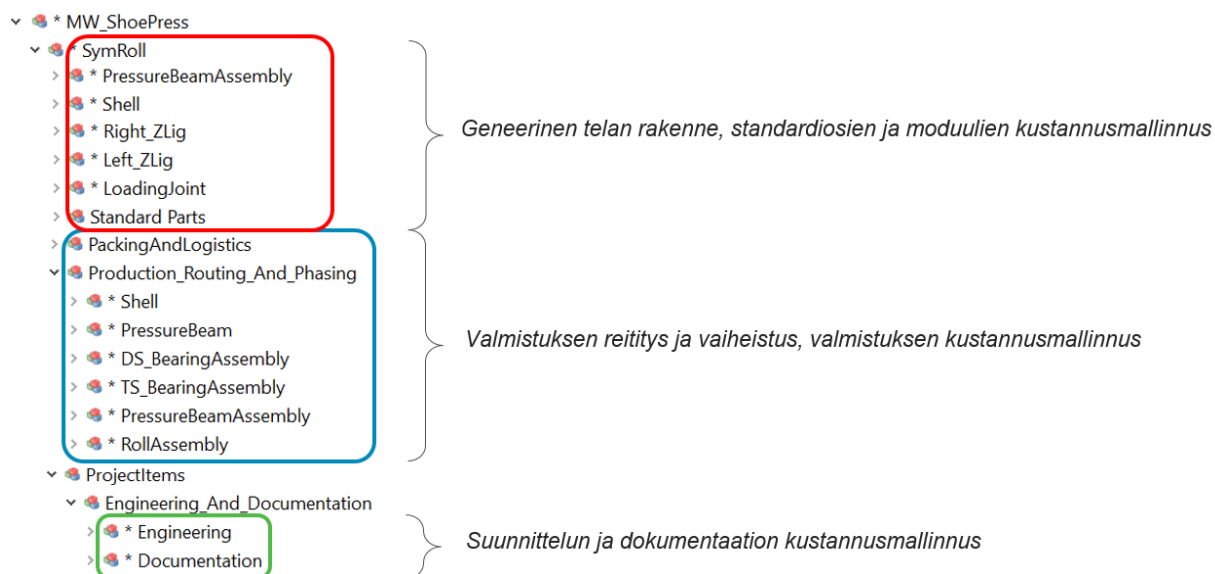
Taulukko 3 Tuoterakenteen modulaarisuuden vaikutus mallinnustapaan

	Kokoonpanotason modulaarisuuden tyyppi	Osatason modulaarisuuden tyyppi	Kokoluokka riippuvainen	Leveys riippuvainen	Mallinnustapa 3DEXPERIENCE Platform	Mallinnustapa PDM:ssä	Käytettävä suunnitteluprosessi	Projektikohtaisuus nimikehallinnan suhteen	Projektikohtaisuus dokumentaation suhteen
Tuoterakenne taso 1 2 3									
Valmet SymZL Shoe Press Roll	Väylä		x	x	Parametrinen kokoonpano	Mallinimike	SEtO	X	X
Vaippa moduuli	Leikkaus		X	X	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	X	(X)
<i>Vaippa aihio</i>		Leikkaus	x	x	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	x	(x)
<i>Pinnoite</i>		Sekoitus / Vaihtoehtoinen	x	x	Sisältyy vaipan malliin	Mallinimike	SEtO	x	(x)
Akseli moduuli	Väylä		X	X	Parametrinen kokoonpano		SEtO	X	(X)
<i>Akseli</i>		Leikkaus	x	x	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	x	(x)
<i>Akseli aihio</i>		Väylä	x	x	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	x	(x)
<i>Kuormituselementti</i>		Yhteinen komponentti			Components Family, Vakio- osa	Vakionimike	CtO		
<i>Kuormituselementtiaihio</i>		Yhteinen komponentti			Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Öljykaukalo, keski</i>		Yhteinen komponentti	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Öljykaukalo, oikea</i>		Leikkaus	x	x	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	(x)	(x)
<i>Öljykaukalo, vasen</i>		Leikkaus	x	x	Parametrinen osa	Mallinimike	SEtO	(x)	(x)
Pääty moduuli HP	Palapeli		X		Vakio kokoonpano	Vakio kokoonpano	CtO (SEtO)	X	(X)
<i>Laakeripukki HP</i>		Leikkaus	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO	x	(x)
<i>Laakeripukki HP aihio</i>		Yhteinen komponentti	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Laippa-akseli</i>		Yhteinen komponentti	x		Vakio-osa	Mallinimike	CtO		
<i>Kelkka HP</i>		Yhteinen komponentti / Leikkaus	x		Vakio / Parametrinen osa	Vakio / Mallinimike	CtO / (SEtO)		
Pääty moduuli KP	Palapeli		X		Vakio kokoonpano	Vakio kokoonpano	CtO (SEtO)	X	(x)
<i>Laakeripukki KP</i>		Leikkaus	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO	x	(x)
<i>Laakeripukki KP aihio</i>		Yhteinen komponentti	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Vetorengas</i>		Yhteinen komponentti	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Kelkka KP</i>		Yhteinen komponentti / Leikkaus	x		Vakio / Parametrinen osa	Vakio- /Mallinimike	CtO / (SEtO)		
<i>Käyttötappi</i>		Yhteinen komponentti			Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
Kuormitusliitos moduuli	Palapeli		X		Vakio kokoonpano	Vakio kokoonpano	CtO		
<i>Kuormitusvarsi</i>		Leikkaus	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		
<i>Liikutusmekanismi</i>		Vaihtoehtoinen	x		Vakio-osa	Vakionimike	CtO		

8.2 Suunnittelujärjestelmissä olevat tuoterakenteen ilmentymät ja niiden ohjaaminen

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio-ohjautuvaan toimintatapaan liittyvät suunnittelujärjestelmät ovat Valmet Modular Way ShoePress- konfiguraattori, WonderWare nimikkeiden kytkentätyökalu, 3DEXPERIENCE Platform CAD -järjestelmä sekä Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmä. Jotta suunnittelun automaatiota ja tiedon uudelleenkäyttöä voidaan tehostaa, on ymmärrettävä näiden järjestelmien mahdollisuudet ja rajoitteet.

Valmet Modular Way ShoePress -konfiguraattori on laajuudeltaan tuotantokonfiguraattori integroidulla kustannusmallilla. Se tuottaa applikointivaiheessa teknisen erittelyn, kustannusryhmäkohtaisen budjetin, pääkomponenttien tuotannon reitityksen ja jokaisen vaiheen tuntibudjetit sekä suunnittelun ja asiakasdokumentaation kokonaistuntibudjetit. Näistä voidaan tuottaa tulostiedostot TCSite -verkkokonfiguraatio sovelluksen dokumentin generointi työkalulla (DocGen) Microsoft Word ja Excel tai pdf- formaateissa. Kustannusryhmäkohtainen kustannusmallinnus vaatii lähes jokaisen nimikkeen mallintamisen konfigurointimalliin. Tästä johtuen konfigurointimallin rakenne on perinteistä konfigurointimallia tarkempi. Suunnittelun automaation ja tiedon uudelleenkäytön näkökulmista suunnittelurakenteen ohjaaminen konfigurointimallin tarkkuudella ei ole tarkoituksenmukaista vaan on löydettävä tuotemäärityksen sekä suunnitteluprosessin kannalta mahdollisimman tehokas, luotettava sekä riittävän mukautuva ohjaustapa.

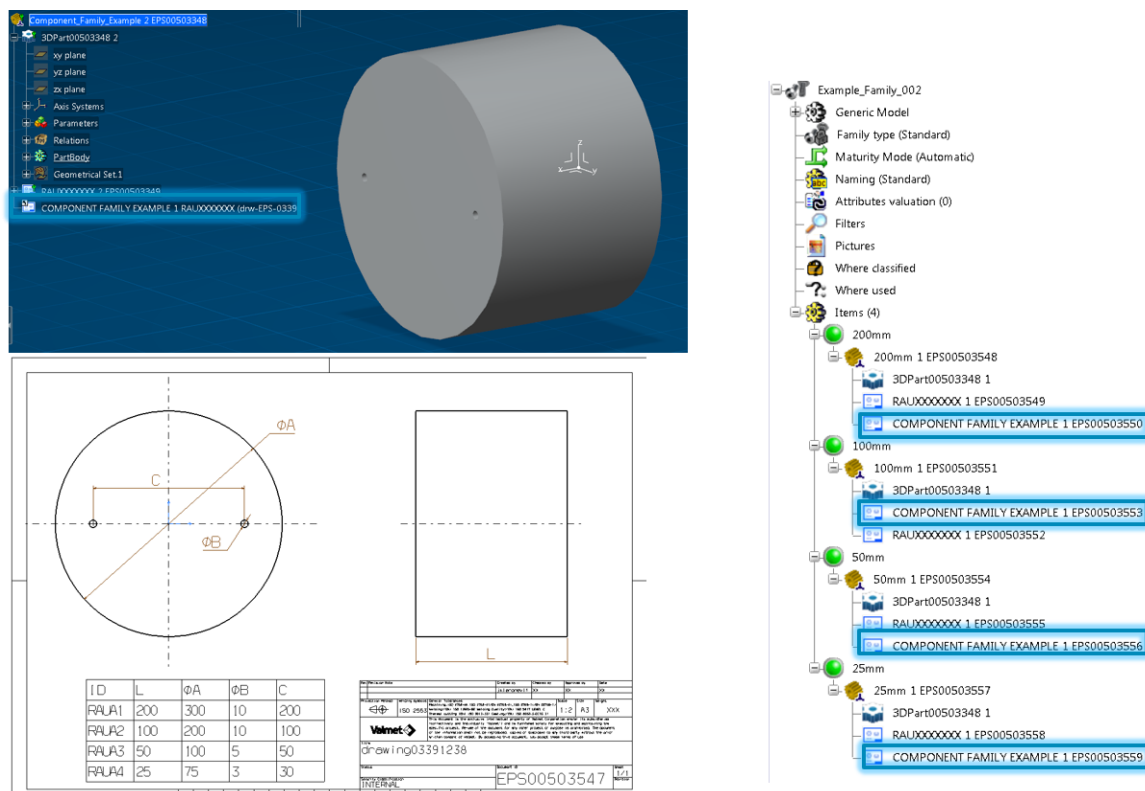


Kuva 34 Modular Way Shoe Press konfiguraattorin geneerinen tuoterakenne PALMA-työkalussa

Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmässä hallitaan suunnittelun tuottamaa osaluettelorakennetta sekä siihen liittyviä suunnittelunimikkeitä hyödyntäen olemassa olevia kaupallisia tai sisäisiä standardinimikkeitä. Suunnittelun osaluettelo pitää sisällään kaikki projektin tarvitsemat valmistettavat ja ostettavat nimikkeet. Valmet Paper PDM järjestelmä voidaan yhdistää konfiguraattoriin Valmetin nimikkeiden ja varianttien kytkentätyökalun WonderWaren avulla. Kytkeä perustuu maksimirakenteeseen, joka on tuotu konfigurointimallista xml-tiedostona. WonderWare -työkaluun tuodun maksimirakenteen jokaiseen varianttiin voidaan kytkeä yhteys tuotetiedon hallintajärjestelmässä olevaan nimikkeeseen. Kytkeä voidaan tehdä kolmella eri tavalla: kopioida (copy item) tai käyttää kytkettyä nimikettä (use item) tai jättää konfigurointirakenteen moduuli tai variantti huomioimatta lopullisesta osaluettelosta (none).

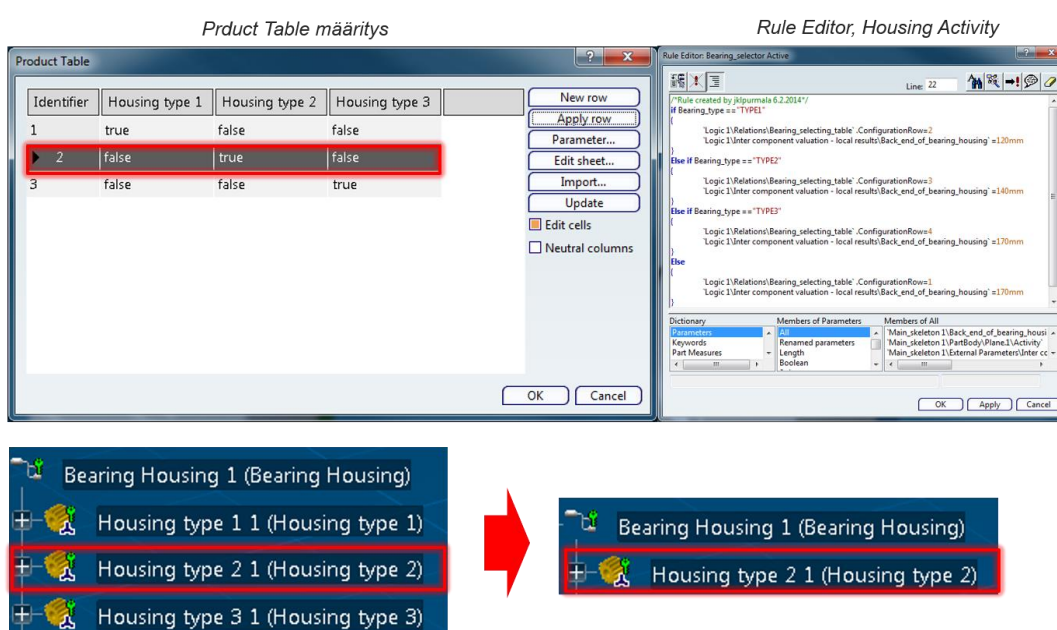
3DEXPERIENCE Platform on tietokantapohjainen CAD -järjestelmä, joka on laajennettavissa tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmäksi (PLM, Product Lifecycle Management). Järjestelmässä hallitaan parametrisia ja konfiguroituvia suunnittelurakenteita sekä niihin liittyviä 3D -malleja ja piirustuksia. Järjestelmän käyttöönottovaiheessa 3DEXPERIENCE Platformin tuomia uusia ominaisuuksia testattiin peilaten niitä Dassault

Systemesin aiemmista Catia -järjestelmistä tuttuihin ominaisuuksiin. Merkittävin ero uudessa järjestelmässä on tietokannanhallinnan ja suunnittelun käyttöliittymien yhdistäminen. Uusina ominaisuuksina 3DEXPERIENCE Platform tarjoaa Component Family -työkalun komponenttikirjaston luomiseen ja Product Table -työkalun kokoonpanotason konfigurointiin. Component Family -työkalu soveltuu hyvin samankaltaisten osien hallintaan, mikä mahdollistaa generisen taulukkopiirustuksen käyttämisen. Taulukkopiirustukset ovat yksi suunnitteludokumentointiin uudelleenkäyttöä tehostava toiminto. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telassa Component Family -työkalua voidaan käyttää esimerkiksi kuormituselementin taulukkopiirustuksen tuottamiseen. Näin kuormituselementeistä saadaan helposti hallittavia komponenttikirjaston variantteja, joita voidaan käyttää yksittäisinä nimikkeinä akselin kokoonpanossa.



Kuva 35 Esimerkki Component Family -työkalun hyödyntämisestä taulukkopiirustuksissa

Product Table -työkalun mahdollistamassa konfiguroinnissa määritetään taulukkomuodossa eri tapaukset. Työkalun toiminta perustuu osien aktiivisuustiedon hallintaan. Jotta konfigurointia voidaan ohjata parametrien avulla, on taulukon lisäksi tehtävä erillinen sääntö (Rule), jossa kerrotaan ehdot kunkin konfiguraation toteutumiseksi. Esimerkkitapauksessa Bearing Type -parametrilla valitaan TYPE2. Valinta ohjaa Housing Activity -sääntöä, joka valitsee Product Table määrittämisestä oikean konfiguraatorivin (ConfigurationRow), jonka mukaan mallissa aktivoidaan Housing type 2 ja deaktivoitetaan Housing type 1 ja Housing type 3.



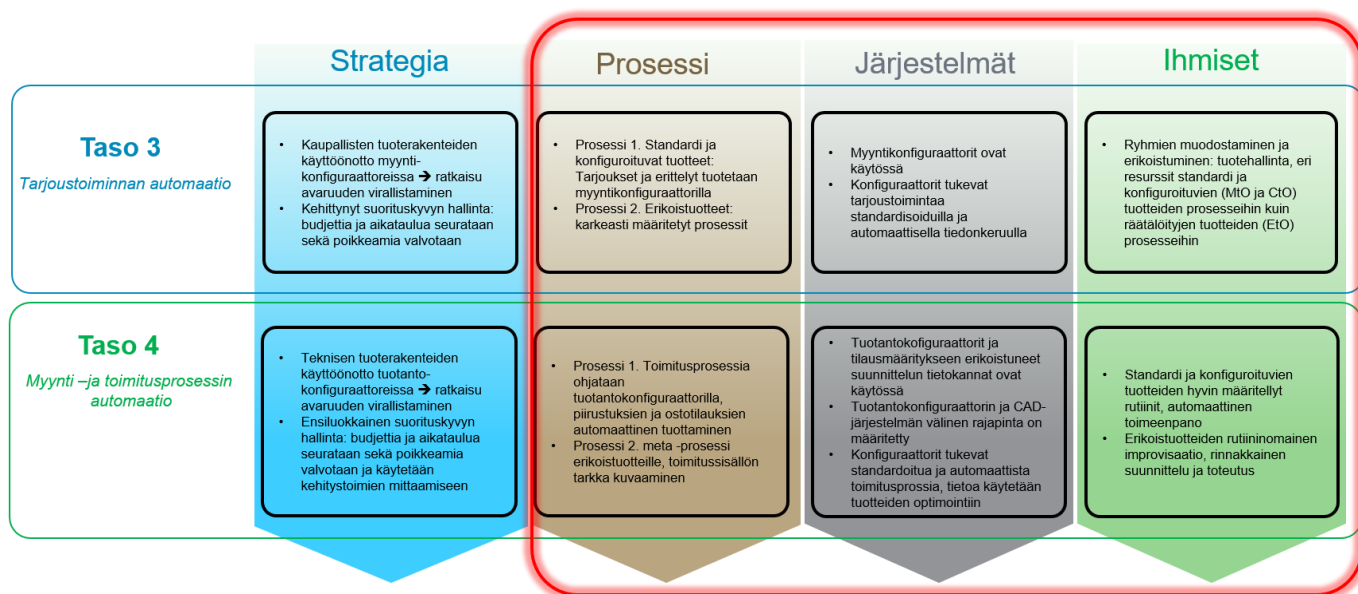
Kuva 36 Kokoonpanomallin konfigurointi Product Table -työkalun avulla

Product Table -työkaluun on myös mahdollista lisätä konfigurointiehtoja. Product Table -työkaluun voidaan linkittää kaikki 3DEXPERIENCE Platformissa käytössä olevat parametrityypit. Lisäämällä konfigurointiehtoja Product Table -työkaluun, valitaan haluttu parametri taulukkoon uudeksi sarakkeeksi. Kun konfigurointiin vaikuttavat parametrit saavat konfigurointirivin määrittämät parametriarvot, oikea konfiguraatio otetaan käyttöön ja maksimimallissa olevat konfiguraation mukaiset osat aktivoituvat ja muut osat deaktivoituvat. Konfigurointi 3DEXPERIENCE Platformissa vaatii suunnittelurakenteen kannalta ylimääräisen moduulitason eli yläotsikon, jonka alla voidaan tehdä konfigurointia.

8.3 Konfiguroituvan tuotteen suunnittelurakenne ja suunnittelun automaatio

Suunnittelun automaation neljä päätavoitetta ovat kustannusten vähentäminen, läpimenoajan lyhentäminen, tuotteen suorituskyvyn parantaminen ja mahdollisuus mukauttaa tuotteita eri asiakastarpeiden mukaan. Yleisesti suunnittelun automaatiolla pyritään tehostamaan olemassa olevien tuotteiden kuten myös uusia ominaisuuksia vaativien tuotteiden suunnitteluprosessia. Tehostamisella pyritään vaikuttamaan suunnittelutehtävien tehostamiseen, parantamaan suunnittelun käytäntöjä sekä parantamaan tuotteen ominaisuuksia. (Cederfeldt & Elgh, 2005)

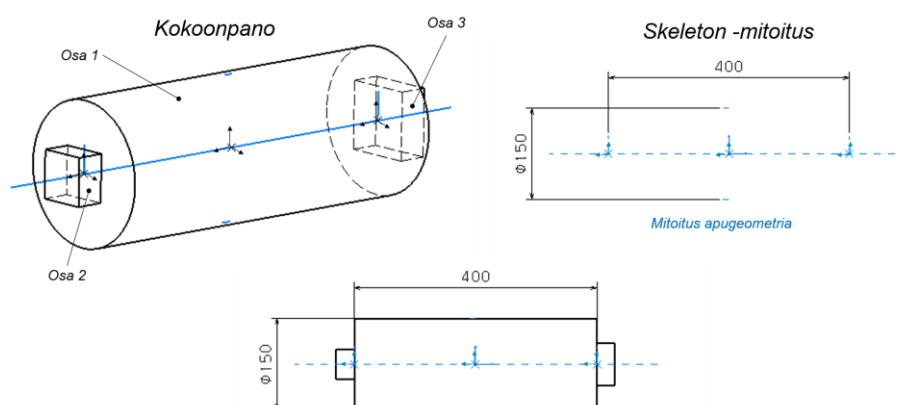
Suunnittelun automaation nykytilaa voidaan arvioida suunnittelun automaation kypsyysmallin avulla, joka on esitetty luvussa 6.3. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaation kypsyys ennen Modular Way to Operate -kehitysohjelman alkamista oli tasolla kaksi eli ”Tuotteen standardisointi”. Modular Way to Operate -kehitysohjelman tavoitteena on mahdollistaa konfigurointiin perustuva myynti -ja toimitusprosessi. Kypsyysmallin mukaan tämä tarkoittaa tasoa neljä eli ”Myynti -ja toimitusprosessin automaatio” -tasoa. Ennen tutkimusta Modular Way to Special Rolls -kehitysohjelmassa kehitettiin Valmet SymZL Shoe Press Roll -telalle tuotantokonfiguraattori, jossa on integroitu kustannusmalli. Tämä mahdollisti konfiguraattorin käyttämisen niin myynti -kuin suunnittelukonfigurointiin. Tällöin tutkimuksen lähtötilanne kypsyysmallin prosessi -, järjestelmä -ja ihmiset ulottuvuuksien mukaan on pääpiirteittäin tasolla kolme eli ”Tarjoustoiminnan automatisointi” -tasolla. Suunnittelun automaation kypsyysmallin tasot kolme ja neljä on esitetty kuvassa 37.



Kuva 37 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaation lähtö -ja tavoitetila

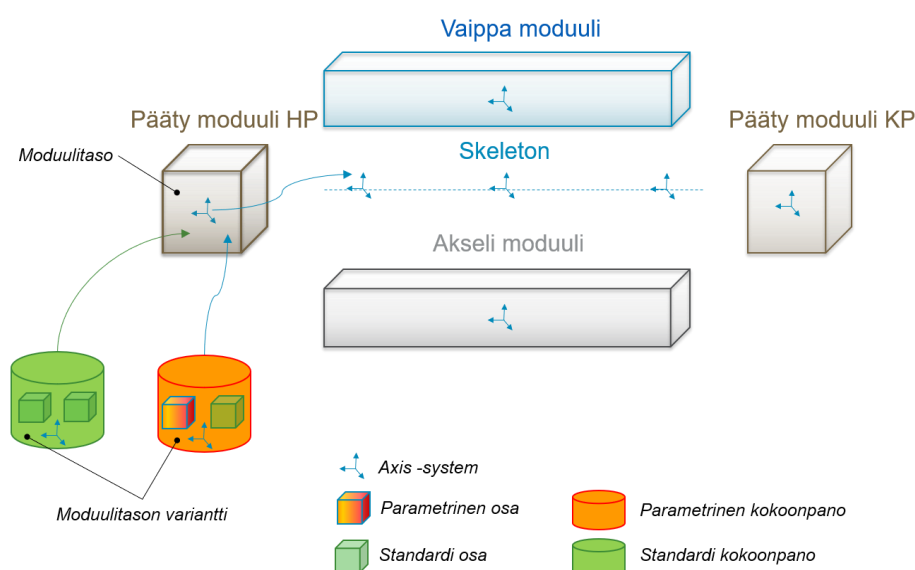
Tutkimuksen esikyselyn mukaan suunnitteluprosessilta sekä siihen liittyviltä tietojärjestelmiltä vaaditaan tehokkuutta, tuottavuutta, vaatimustenmukaisuutta, tarkkuutta sekä ymmärrettävyyttä. Suunnittelun automaatiolla voidaan vaikuttaa näihin kaikkiin. Tehokkuuteen ja tuottavuuteen voidaan vaikuttaa mahdollisimman tehokkaalla suunnittelutiedon uudelleenkäytöllä. Tehokkaimmillaan tämä tarkoittaa valmiiden suunnitteludokumenttien uudelleenkäyttöä. Jotta olemassa olevien suunnittelun dokumenttien uudelleenkäyttö olisi mahdollisimman tehokasta, projektikohtaisten dokumenttien luominen tulisi minimoida. Suunnittelurakenteessa tämä tarkoittaa suurempien kokonaisuuksien hallintaa, jolloin valmiiden dokumenttien taso nousee suunnittelurakenteessa hierarkkisesti ylemmälle tasolle. Hallittaviin kokonaisuuksiin ei tarvitse välttämättä liittyä kokonaisuutta koskevaa dokumenttia. Tuoterakenteen hallittavuus ja tiedon uudelleenkäyttö lisääntyy, kun rakenteita hallitaan ryhmäotsikoilla tai installaatioilla. Yleisesti tiedetään, että tarkan tuotemäärityksen ja modulaarisen tuoterakenteen avulla tiedon uudelleenkäyttöä voidaan tehostaa, mutta se vaatii suunnittelurakenteen ohjaamisen ja tietojärjestelmissä olevien dokumenttien tuottamiseen ja hallintaan liittyvien rajoitteiden ymmärtämisen.

Suunnitellaan tilauksesta (EtO, Engineer-to-Order) toimintatavasta tuttuja parametrinen suunnittelurakenteiden hyväksi havaittuja ominaisuuksia voidaan hyödyntää myös konfiguroituvassa suunnittelurakenteessa. Näitä ovat paikoittavat skeleton -elementit sekä piirustuksien älykkääseen ohjaamiseen liittyvän mitoitusapugeometrian hyödyntäminen. Parametrinen kokoonpanojen ohjaaminen perustuu skeleton -tekniikkaan, jossa kokoonpanomallin osien paikoitus tapahtuu paikoittavien axis -system piirteiden yhdistämistä paikoittavassa skeleton -elementissä oleviin vastaaviin axis -system piirteisiin. Yhdistämiseen käytetään Engineering Connection määritystä, joka määritetään kahden paikoittavan axis -systemin välille. Skeleton -elementti on erillinen osa, joka pitää sisällään paikoittavat axis -system piirteet sekä kokoonpanon ohjaamiseen liittyvän älyn eli parametrit ja säännöt. Kokoonpanotasolla skeleton -elementtiä voidaan käyttää myös kokoonpanopiirustuksien mitoittamisen apuna, jolloin piirustuksessa olevat merkinnät kytketään todellisen geometrian sijasta skeleton -elementissä olevaan mitoitus apugeometriaan. Tämä mahdollistaa kokoonpanoon liittyvien osien varioimisen ilman sen vaikuttamista kokoonpanopiirustukseen. Mitoitus apugeometrian käyttämisen vaatimuksena on kuitenkin sovellusalueen moduulien rajapintojen ja parametrinen varianttien tarkka määrittely. Skeleton -elementin mitoitus apugeometrian ohjaamisen säännöstöä voidaan hallita mallin säännöillä (Rule) ja Design Table -työkalun yhdistelmällä. Esimerkki skeleton -elementin mitoitusapugeometrian toiminnasta on esitetty kuvassa 38.



Kuva 38 Mitoitusapugeometrian käyttäminen kokoonpanoissa

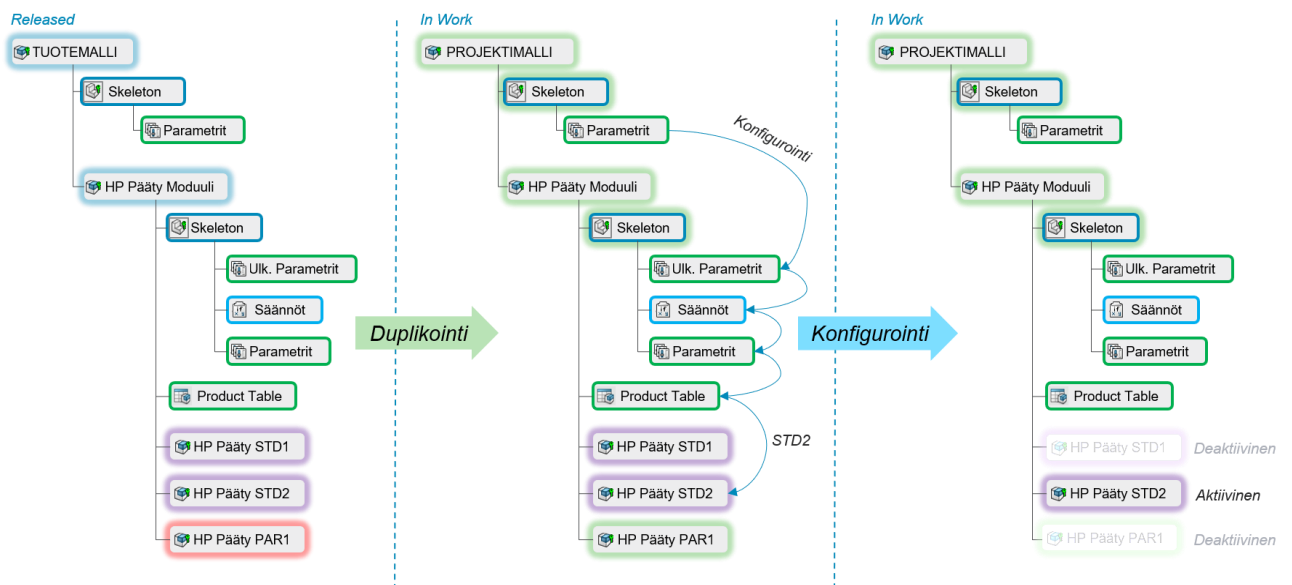
Tutkimuksessa kehitettiin adaptiivinen generinen tuoterakenne, joka pitää sisällään skeleton -elementtiin perustuvan paikoituksen, kokoonpanotason konfiguroinnin sekä kokoonpanopiirustusten älykkään ohjaamisen sallien asiakasräätälöityjen osuuksien käyttämisen. Asiakasräätälöityjen osuuksien toteuttamiseen valitaan parametrinen variantti osasta tai kokoonpanosta. Kuvassa 39 on esitetty adaptiivisen generisen suunnittelurakenteen periaate. Jokaisella modulilla on modulitaso eli yläotsikko, joka toimii paikoittavana elementtinä ja konfiguroinnin mahdollistajana.



Kuva 39 Adaptiivisen generisen tuoterakenteen periaate

Tutkimuksen aikana Product Table -työkaluun perustuvassa konfiguroinnissa havaittiin projektirakenteiden luomiseen liittyvää epävakautta käytettäessä 3DEXPERIENCE Platformin Advanced Duplicate -määrittystä. Advanced Duplicate mahdollistaa projektirakenteen automaattisen luomisen huomioiden osien ja kokoonpanojen tyyppimäärittäykset. Tyyppimäärittäminen määrittää onko osa tai kokoonpano projektikohtainen (Project Specific), tuotemalli (Product Model) tai standardi (Standard). Näin monimutkaisen rakenteen projektikohtaisten osuuksien kopioiminen manuaalisesti ei olisi ollut käyttäjien näkökulmasta mielekäs ja se olisi sisältänyt myös huomattavan riskin käyttäjävirheelle. Monimutkaisemmissa kokoonpanoissa myös Product Table -työkaluun perustuvan konfiguroinnin käytettävyys ja ylläpito heikkenee, jolloin tuotemalli ei täytä

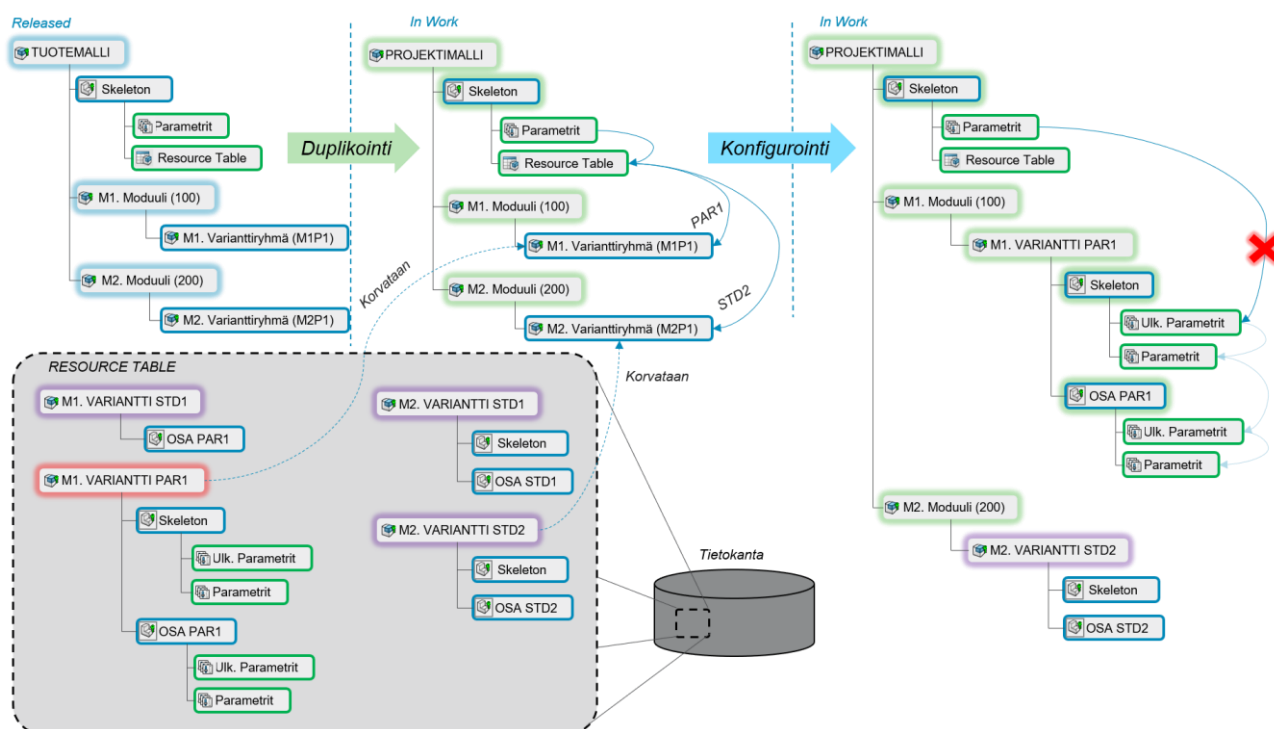
suunnittelujärjestelmälle asetettuja tavoitteita. Product Table -työkaluun perustuvassa konfiguroinnissa joudutaan käyttämään tuotemallissa maksimirakennetta, joka duplikoidaan projektille. Ajantasainen suunnittelun tuotemalli vaatii, että se kuuluu elinkaarihallinnan piiriin. Tämä tarkoittaa, että suunnittelun tuotemalli tulee olla julkaistussa tilassa (Release) ennen sen käyttöönottoa. Kun tuotemalliin tehdään muutos, otetaan siitä uusia versio, jolloin tuotemallin vanha versio menee vanhentuneeseen (Obsolete) tilaan. Tuotemallin julkaisu tarkoittaa, ettei sitä voida konfiguroida projektille ennen tuotemallin duplikointia projektirakenteeksi. Konfigurointi vaatii rakenteen olevan tallennettavissa eli työ tilassa (In Work). Tästä johtuen koko tuotemalli duplikoidaan ensin projektirakenteeksi, jolloin tuotemallin alla olevat projektikohtaiset osat duplikoituvat projektirakenteeseen. Johtuen Product Table -työkaluun perustuvasta konfiguroinnista, koko tuotemallin maksimirakenne duplikoituu projektimalliin ja ainoastaan konfiguroinnin määrittämät osuudet jäävät aktiivisiksi. Johtuen parametrinen mallien määrittämisestä ne duplikoituvat aina projektirakenteeseen kuuluessaan tuotemalliin. Product Table -työkaluun perustuva konfigurointi on esitetty kuvassa 40, jossa HP Päätymoduulin variantit HP Päätymoduuli STD1 ja HP Päätymoduuli PAR1 jäävät deaktiivisina projektirakenteeseen kasvattaen tarpeettomasta tietokannasta rakenteen kokoa.



Kuva 40 Product Table -työkaluun perustuva konfigurointi

Product Table -työkaluun liittyvät käytettävyys sekä tietojärjestelmän haasteet ohjasivat tutkimusta etsimään ja kehittämään käytettävyyden ja tietojärjestelmien näkökulmasta toimivampaa ratkaisua. Telatuoteryhmän Mechanical Engineering Systems -pääkäyttäjän Jesse Kivisen (2018) mukaan, Resource Table -työkaluun perustuva tuotemallin konfigurointi yksinkertaistaa tuotemallin konfigurointia tietojärjestelmän ja käytettävyyden näkökulmasta. Resource Table -työkalu mahdollistaa tietokantaolioiden käyttämisen tuotemallissa ilman, että ne sisältyvät rakenteeseen. Koska Resource Table -työkalu ei vaadi tietokantaolioiden sijaitsemista tuotemallissa, sen käyttäminen vähentää myös Engineering Connection paikoitusrajoitteiden määrää ja sitä kautta yksinkertaistaa tuotemallia, parantaa järjestelmän suorituskykyä ja vähentää osaltaan mahdollisia vikatilanteita.

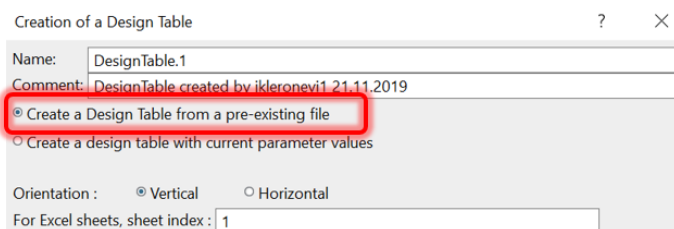
Useiden eri versioiden testaamisen jälkeen tuotemallin rakenteessa päädyttiin pääkäyttäjän kanssa yksinkertaiseen tuotemallipohjaan (template), jonka ohjaus on rakennettu Skeleton -elementtiin ja moduulitasojen alla ei ole variantteja. Variantit haetaan tietokannasta Resource Table -työkalun määritysten mukaan ja niillä korvataan projektimallin moduulitasot. Parametrinen variantti (kokoonpano) voidaan tuoda samalla tavalla tietokannasta kuin valmiiksi suunniteltu variantti. Testeissä havaittiin kuitenkin haaste parametrisen variantin tuomisessa tuotemallin ulkopuolelta. Jotta parametrinen malli toimii vaatimusten mukaisesti, parametrien tulee linkittyä samaan tiedon alkulähteeseen eli konfiguraattorin tuottamaan tulostiedostoon. Yleisesti tunnettu tapa parametrusten mallien parametrien linkittämiseen rakenteen alemmille tasoilla on julkaista (Publish) päätason parametrit alemmille tasoille, jolloin parametrit näkyvät rakenteessa ulkoisina parametreina (External Parameter). Skeleton -elementit toimivat tuotemallin ohjaustiedon välittäjinä. Ohjaustietoa linkitetään rakenteessa aina ylhäältä alas (top-down). Kuvassa 41 on esitetty Resource Table -työkaluun perustuva tuotemallin konfigurointi ja parametrisen variantin (M1. VARIANTTI PAR1) parametrien linkitys. Tuotemallin ulkopuolelta tuodun parametrisen mallin parametrit eivät tunnista projektimallin kontekstia, jolloin päätason skeleton -elementin ohjaustieto ei päivity parametriseen varianttiin (M1. VARIANTTI PAR1) eikä hierarkiassa alemmalle parametrille osalle (OSA PAR1). Tämä aiheuttaa käyttäjän näkökulmasta epävarmuutta tuotemallin toiminnassa.



Kuva 41 Resource Table -työkalun käyttäminen tuotemallin konfigurointiin

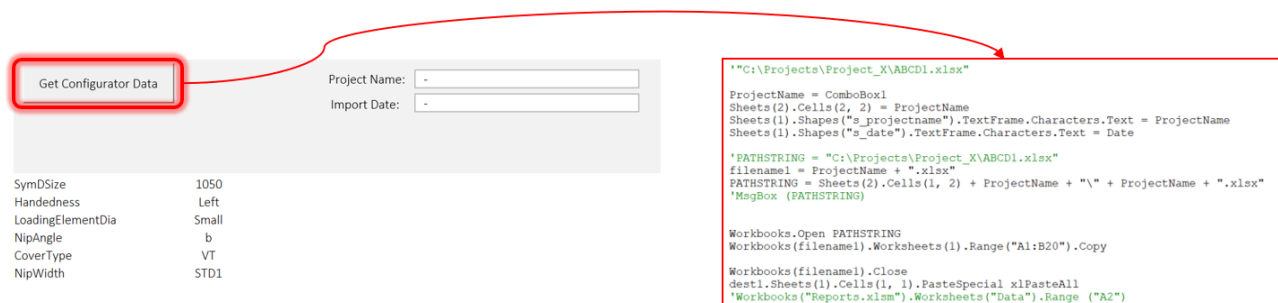
Perustoiminnaltaan eli kokoonpanotason konfiguroinnin mahdollistajana, Resource Table -työkaluun perustuva konfigurointi on tietojärjestelmän ja tuotemallin ohjaamisen näkökulmasta tavoitteiden mukainen. Koska Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuotemäärityksessä esitetty sovellusalue vaatii pääty kokoonpanojen ja leveysriippuvaisten osuuksien (akseli ja vaippa) ennalta määritetyissä rajoissa tapahtuvaa asiakaskohtaista suunnittelua, on kehitettävän tuotemallin tuettava ratkaisujen tuottamista. Tutkimuksen aikana ei löydetty 3DEXPERIENCE Platform CAD -järjestelmästä edellä mainittua parametrisen mallin linkittämisen haastetta korjaavaa ratkaisua. Yhtenä mahdollisuutena parametrien linkittämiseen on aiemmassa Catia V5 CAD -järjestelmästä tehdyissä parametrisista malleista tuttu Design Table -työkaluun perustuva mallin ohjaus. Design Table -työkalulla voidaan luoda projektirakenteeseen taulukko valituista rakenteessa olevista parametreista. Design Table -taulukosta voidaan tallentaa linkitetty kopio esimerkiksi tietokoneelle tai verkkolevylle. Näin parametrit linkittyvät suoraan paikallisesti tallennettuun Excel -tiedostoon. Design Table -työkalu mahdollistaa myös vastaavan tiedonsiirron toiseen suuntaan, jolloin Design Table -taulukko voidaan tuottaa konfiguraattorilla Excel-formaatissa

ja tallentaa konfiguraation mukaiset parametrit projektihakemistoon. Excel -tiedosto voidaan linkittää malliin käyttämällä Design Table -taulukon luontiin valitsemalla ”olemassa oleva taulukko” määrittäminen (Create a Design Table from a pre-existing file).



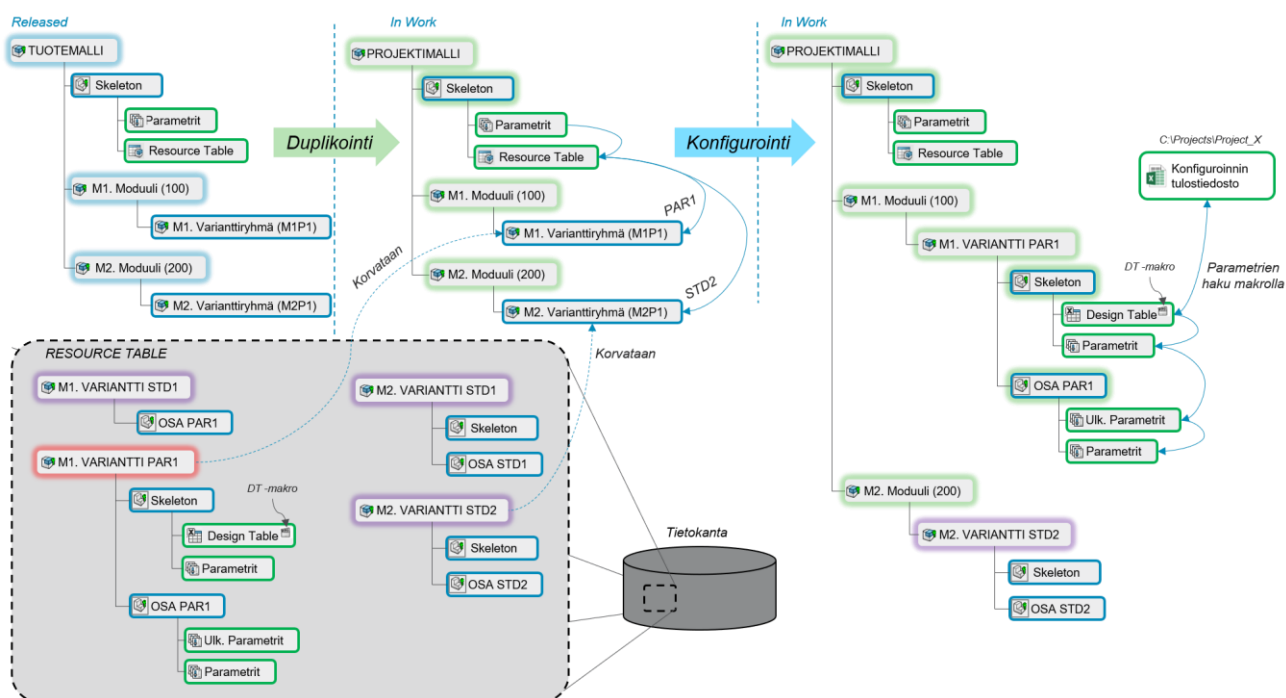
Kuva 42 Design Table -taulukon luonti

Design Table -taulukon luonti tällä tavoin näkyy käyttäjälle taulukon luomisena projektirakenteen useampaan kohtaan ja linkityksen hyväksymisenä. Esitettyyn tapaan liittyy epävarmuus taulukon oikeasta lähteestä ja parametrien linkityksen tahattomasta muuttamisesta, jolloin konfiguroinnin tuottamien parametrien linkittymisessä ja tuotemallin perustoiminnassa nähtiin epävarmuutta. Epävarmuuden poistamiseksi Design Table -taulukko tulisi sijaita rakenteessa ja konfiguroitu parametritieto haettaisiin ulkoisesta lähteestä rakenteessa olevaan Design Table -taulukkoon. Jesse Kivisen (2019) mukaan Excelissä voidaan luoda makro, jolla voidaan hakea soluihin tietoa esimerkiksi toisesta Excel -tiedostosta. Käyttäjän näkökulmasta ratkaisu poistaisi käyttäjältä mahdolliset tuotemallin ohjausta vahingoittavat tahattomat toiminnot. Periaate Excel -tiedostoon rakennetusta makrosta on esitetty kuvassa 43



Kuva 43 Design Table -taulukon tiedonhaku DT -makrolla

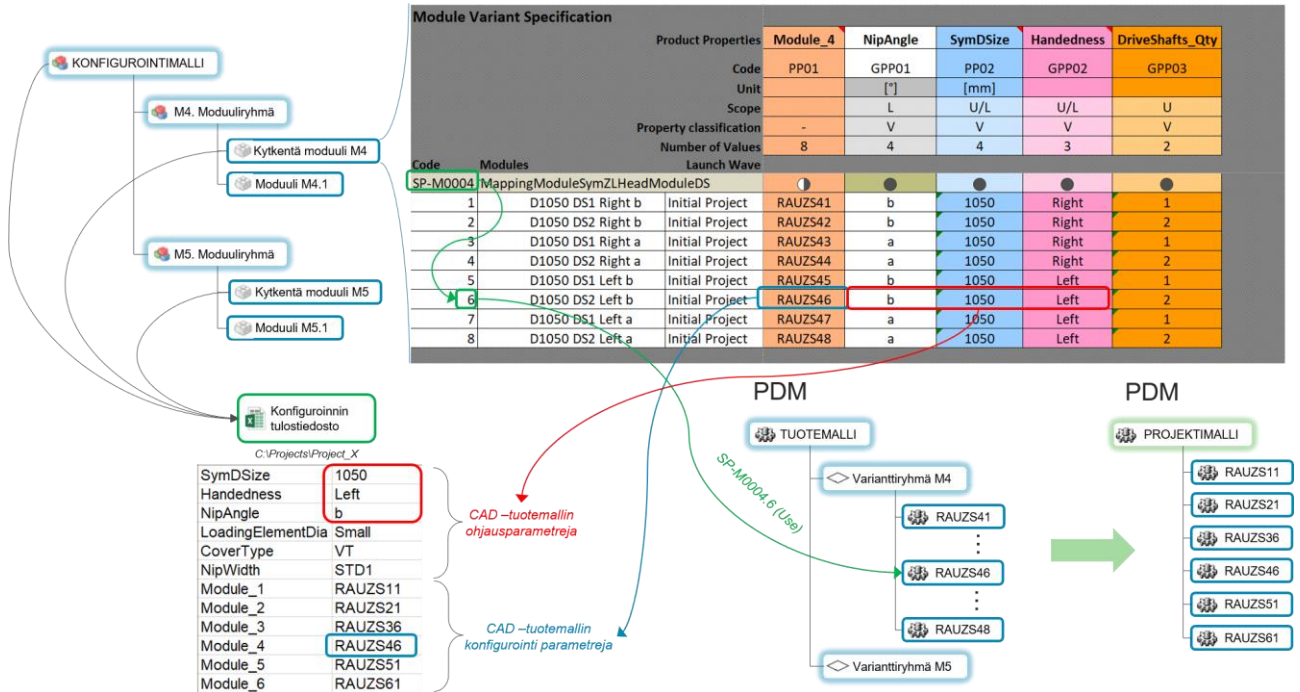
Edellä mainittu Design Table -taulukkoon ja konfiguroitujen parametritietojen haku (DT -makro) mahdollistaa asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien täydentymistä rakenteeseen konfiguroinnin tuottamien parametrien ohjaamien parametrusten varianttien avulla. Tapa esitetty kuvassa 44.



Kuva 44 Tiedonhaku makron käyttäminen parametrusten mallien ohjaamiseen

Esitetyissä tavoissa CAD -tuotemallin ohjaaminen on tehty kokoonpanotason parametrien avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli kuitenkin kehittää konfiguraatio -ohjautuvaa suunnitteluprosessia, joten konfiguraattorin tuottama konfiguraatitieto tulee pystyä linkittämään konfiguraattorista suunnittelujärjestelmiin. Koska suunnittelujärjestelmiä ei ole tarkoituksenmukaista ohjata osa tasolla, tarvitaan konfiguraatiomalliin erillinen suunnittelujärjestelmien tuoterakenteiden ohjaamiseen käytettävä kytkentämoduuli (Mapping Module). Se vastaa CAD -tuotemallissa ja PDM WoWa -kytkentätyökalussa ohjattavaa tasoa. Näin kustannusmallinnus ja suunnittelujärjestelmien ohjaaminen voidaan toteuttaa samasta konfigurointimallista. Kytkentämoduulin tehtävänä on hallita taulukkomuodossa (Module Variant Specification) kyseisen moduulin kaikkien aliosien muodostamia kombinaatioita eli kokoonpanojen kombinaatioita. Ilman integroitua kustannusmallia kytkentämoduuleja olisivat

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan päämoduulit. Kuvassa 45 on esitetty kytkentämoduulin sijainti konfigurointimallissa ja toimintaperiaate tiedon tuottamisessa.



Kuva 45 Kytkentä moduulin periaate

Jokaiseen Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan päämoduulin alla olevan kytkentämoduulin tiedot voidaan generoida konfiguroinnin tulostiedostoon. Kytkentämoduulissa oleva Module_X -tuoteominaisuus (Product Property) voidaan generoida konfiguroinnin tulostiedostoon ja sitä voidaan käyttää Resource Table -työkalun kautta CAD -tuotemallin päämoduulitason eli konseptitason konfigurointiin. Tällöin käyttäjän ja ylläpitäjän näkökulmasta eri järjestelmissä tapahtuva moduulirakenteen variantin kytkeytyminen voidaan määrittää turvallisemmin, koska kytkentämoduulin varianttien määrittäminen (Module Variant Specification) -taulukon yhdeltä riviltä löytyvä tieto linkittää eri järjestelmien vastaavuudet kullekin konfigurointijärjestelmän variantille. Näin myynnin määrittämä variantti kytkeytyy suunnittelujärjestelmiin ja todellisiin nimikkeisiin.

Varianttitunnisteen (Module_X) käyttäminen tuotemallin ohjaamiseen Resource Table -työkalulla perustuu Resource Table -työkalun Logical Name -kenttään kirjoitettuun arvoon. Tutkimuksessa aikana havaittiin, että Logical Name -kenttään kirjoitettu nimiketunnus ohjaa varmemmin konfigurointia, kuin tietokannassa oleva Document ID -kenttä, koska Document ID -kenttä tyhjentyy, kun parametrisesta variantista luodaan konfiguroinnissa uusi nimike.

Logical Name	Resource Type	Resource
RAUZS31	Reference	HEAD ASSEMBLY.FS 1.1 RELEASED RAUZS31
RAUZS32	Reference	HEAD ASSEMBLY.BS 1.1 RELEASED RAUZS32
RAUZS33	Reference	HEAD ASSEMBLY.FS 1.1 RELEASED RAUZS33
RAUZS34	Reference	HEAD ASSEMBLY.BS 1.1 RELEASED RAUZS34
RAUZS35	Reference	HEAD ASSEMBLY.BS 1.1 IN_WORK RAUZS35
RAUZS36	Reference	HEAD ASSEMBLY.FS 1.1 IN_WORK RAUZS36
RAUZS37	Reference	HEAD ASSEMBLY.FS 1.1 IN_WORK RAUZS37
RAUZS38	Reference	HEAD ASSEMBLY.BS 1.1 IN_WORK RAUZS38

1 Kokoanpano, jonka sisällä muutos tehdään
 2 String -tyyppinen parametriarvo, jolla haluttua variaatiota kutsutaan Resource Table -taulukosta. Käytännössä Resource Table -taulukossa esiintyvän objektin Logical Name
 3 Instanssinimi, joka korvataan kohdassa 1 annetun kokoanpanon sisällä. Jos kyseistä instanssinimeä ei löydy kokoanpanon alta, Resource Table -taulukosta tuodaan uusi objekti automaattisesti.

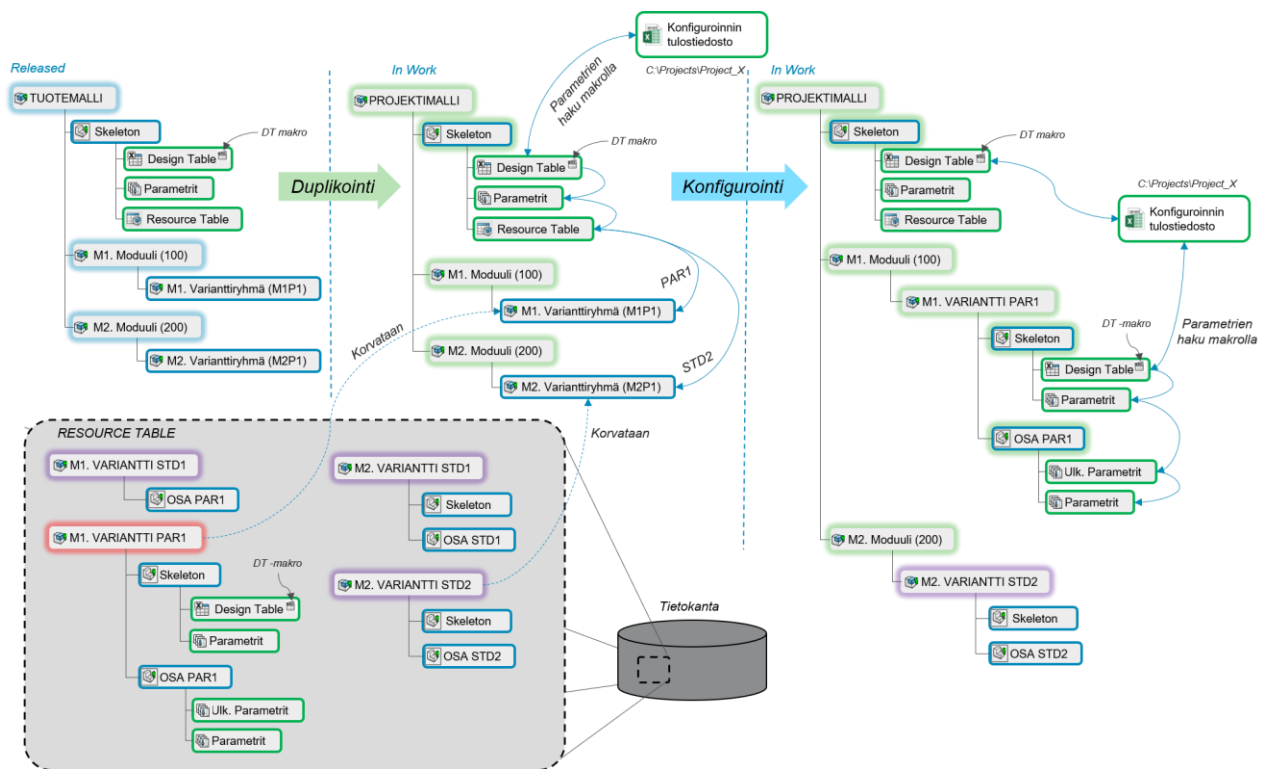
```

'100' ->ManageInstance(MODULE_1,"","M1P1")
'200' ->ManageInstance(MODULE_2,"","M2P1")
  
```

Kuva 46 Resource Table -ohjauksen määrittäminen

Edellä mainittu Design Table -taulukko ja konfiguroitujen parametritietojen haku makroon (DT -makro) perustuva CAD -järjestelmän ohjaus mahdollistaa adaptiivisen geneerisen CAD -tuotemallin käytön ja dynaamisen ylhäältä alas mallinnuksen (Dynamic top-down modeling). Dynaaminen ylhäältä alas mallinnus tarkoittaa tässä tilanteessa konseptitason rakenteen luomista konfiguroimalla ja asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien täydentymistä rakenteeseen konfiguroinnin tuottamien parametrien ohjaamien parametrusten varianttien avulla.

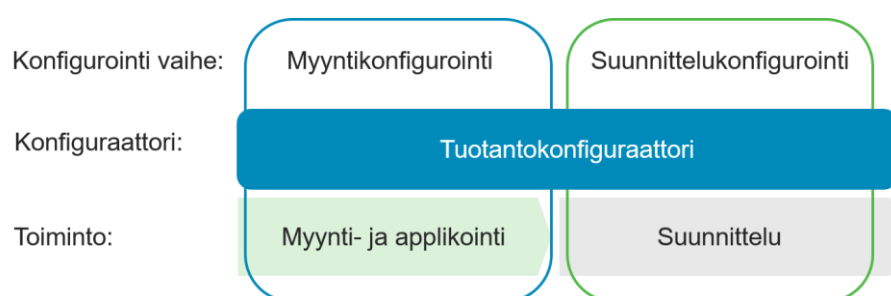
Kytkeä moduuleissa sekä muussa konfiguroinnissa määritetyt konfiguroinnin tulostiedostot yhdessä Resource Table -ja Design Table -työkalujen sekä jälkimmäiseen liittyvä tiedonhakupaketti (DT makro) luovat CAD -tuotemallista esimääritetyn korkean tason CAD-mallipohjan (HLCT, High Level CAD template), jonka mallinnus ja ohjausperiaatteet ovat hyödynnettävissä muidenkin paperikonekomponenttien CAD -tuotemalleissa.



Kuva 47 Kehitetyn HLCT-mallipohjan periaate

9 KONFIGURAATIO -OHJAUTUVA PROJEKTISUUNNITTELUPROSESSI

Valmetissa konfiguroituvien tuotteiden tuotekonfigurointi jakaantuu kahteen tai kolmeen vaiheeseen riippuen käytössä olevasta konfiguraattorista. Päärakenneryhmien tuotantokonfigurointi jakaantuu kolmeen vaiheeseen: tarjousvaiheen konfigurointi (quotation configuration), myydyin tuotteen konfigurointi (as sold configuration) sekä projektin lähtötietojen jäädyttämisen jälkeinen (freezing point configuration) suunnittelukonfigurointi. Valmet SymZL ShoePress Roll -telan tapauksessa tuotekonfigurointi jakaantuu tarjousvaiheen myyntikonfigurointiin (quotation configuration) sekä lähtötietojen jäädyttämisen jälkeiseen suunnittelukonfigurointiin (freezing point configuration). Näistä käytetään termejä myyntikonfigurointi ja tuotantokonfigurointi. Molempiin käytetään samaa Valmet Modular Way ShoePress -konfiguraattoria. Kartonki- ja paperikoneisiin liittyvät kaupat ovat asiakkaille useiden kymmenien tai jopa satojen miljoonien investointeja, joten tarjousten konfigurointia ei tehdä asiakkaan luona vaan ne valmistellaan asiantuntijaorganisaation toimesta ennen asiakkaalle menoa. Tilauksen saannin jälkeen tehdään as sold konfigurointi sekä myöhemmin freezing point konfigurointi omaa toimitusprosessia varten.



Kuva 48 Valmet Modular Way ShoePress -konfiguraattorin käyttö myynti -ja toimitusprosessin eri vaiheissa

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää konfiguraatio -ohjautuvaan toimintatapaan perustuvaa myynti -ja toimitusprosessin suunnitteluprosessia Valmet SymZL Shoe Press Roll -telalle. Michael Haveyn (2004) mukaan liiketoimintaprosessin mallintamisen tavoitteena on

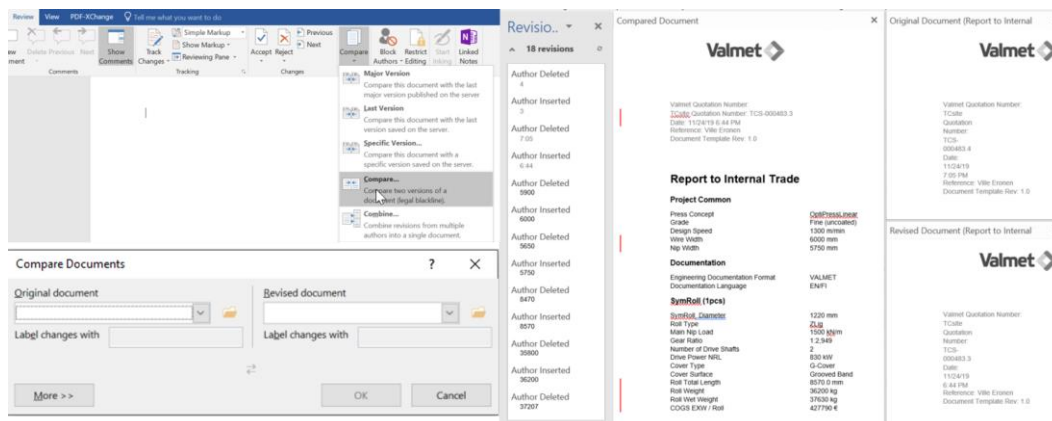
mahdollistaa tehokas ja automaattinen prosessin virtaus, vähentää prosessiin osallistuvien ihmisten tarvetta ja vapauttaa resursseja vaativampaan työhön. Liiketoimintaprosessin mallintamisen perusvaatimus on mahdollisuus suunnitella, käyttää ja hallita ihmisten ja tietojärjestelmien yhteisiä prosesseja paremmin. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuotemääritys sekä eri tuoterakenteen ilmentymät määrittävät yhdessä suunnitteluun käytettävien tietojärjestelmien arkkitehtuurin kanssa käytettävän suunnitteluprosessin. Tuotemäärityksessä kuvattu Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan sovellusalue ja sen sisältämät asiakaskohtaiseen variointiin johtavat tarpeet ohjaavat suunnittelurakenteen ja niihin liittyvän tietojärjestelmäarkkitehtuurin tukemaan ennalta määritetyissä rajoissa tapahtuvaa asiakaskohtaista tuotemääritystä eli systemaattista suunnittelua tilauksesta (SEtO) tuotemääritystä. Asiakaskohtaista suunnittelua vaativia osuuksia ovat Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan päätason lisäksi leveysriippuvaiset moduulit kuten akseli ja vaippa moduulit. Lisäksi asiakkaan lopputuotteen prosessin sekä kartonki -tai paperikoneen tai niiden tehdashallin asettamat rajoitteet voivat aiheuttaa kenkäpuristin nipin kallistumaan vakiosta poikkeavaa ratkaisua, joka johtaa pääty moduulien asiakaskohtaiseen määrittelyyn. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnitteluprosessin on tuettava olemassa olevan suunnittelun uudelleenkäyttöä eli konfiguroidaan tilauksesta (CtO) tuotemääritystä sekä hankitaan tilauksesta (PtO) tuotemääritystä sekä asiakaskohtaista tuotemääritystä vaativaa systemaattista suunnittelua tilauksesta (SEtO) tuotemääritystä. Hankitaan tilauksesta (PtO) tuotemääritystä Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tapauksessa tarkoittaa kaupallisten standardiosien hankintaa telan tilauksen yhteydessä. Kuten taulukossa 3 on kuvattu, telan pääty moduulit tukevat pääsääntöisesti CtO -tuotemääritystä ja vaippa sekä akseli kuuluvat muutamaa vakioleveyttä lukuun ottamatta aina SEtO -tuotemääritykseen.

9.1 Konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguroitua suunnitteluprosessi jakaantuu kahteen päävaiheeseen: suunnittelun lähtötietojen jäädytys konfigurointiin (freezing point configuration) sekä suunnitteluun (engineering). Suunnitteluvaihe jaetaan perussuunnitteluun (basic engineering) sekä yksityiskohtien suunnitteluun (detail engineering).

9.1.1 Suunnittelukonfigurointi

Projektin lähtötietojen konfigurointi on konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin lähtötietojen ja sitä kautta myös koko prosessin mahdollisimman tehokkaan ja laadukkaan toteutuksen kannalta tärkeä vaihe. Lähtötietojen konfigurointia varten, haetaan TCSite -konfigurointiympäristöstä tarjouskonfiguraatio tarjousnumerolla. Tarjouskonfiguraatiosta otetaan kopio ja muutetaan tarjousnumero projektinumeroksi. Projektin lähtötiedot konfiguroidaan hyväksytyyn myyntierittelyyn mukaan. Konfiguroinnin tulos tallentuu TCSite -konfigurointiympäristöön, josta tarjousvaiheen ja lähtötietojen konfiguraatioiden tekniset erittelyt tallennetaan projektihakemistoon Excel -formaattissa. Suunnittelu konfiguraatiosta tallennetaan projektihakemistoon myös xml -tiedosto WoWa -kytkentää sekä 3D_Configuration xls -tiedosto 3DEXPERIENCE Platformin tuotemallin konfigurointia varten. Tämän jälkeen verrataan tarjous – ja suunnittelukonfiguraatioiden teknisiä erittelyjä manuaalisesti tai Word -tekstinkäsittelyohjelman Compare two version of document -toimintoa käyttäen. Poikkeavuudet kirjataan konfiguraatioiden eroavaisuudet raporttiin (Configuration Differences Report), jolla voidaan projektin jälkeen perustella mahdollisia tarjousvaiheen jälkeisiä kustannuksiin tai toimitusprosessiin vaikuttavia tekijöitä. Raportti tallennetaan projektihakemistoon.



Kuva 49 Tekniset erittelyn vertaaminen Word -tekstinkäsittelyohjelmassa

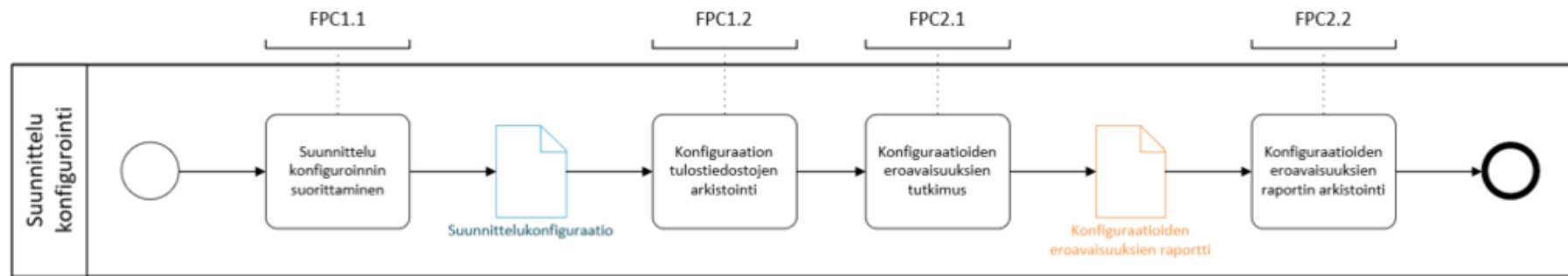
9.1.2 Suunnitteluvaihe

Varsinainen suunnitteluvaihe alkaa perussuunnittelulla, jossa suunnittelukonfiguroinnissa tuotetut suunnittelujärjestelmien konfigurointiin käytettävät lähtötiedot linkitetään projektille kopioituihin projektirakenteisiin. Ensimmäisenä konfiguroidaan Valmet Paper PDM -tuotetiedon hallintajärjestelmässä projektirakenne tuomalla WoWa -kytkentätyökaluun konfiguraation xml -tiedosto, jonka määritysten mukaan luodaan projektiosaluettelo. Osaluettelon konfiguroinnin jälkeen duplikoidaan 3DEXPERIENCE Platformissa oleva Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan tuotemalli Silver Layer -näkyvässä Advanced Duplicate työkalulla. 3D -projektimallin luonnin jälkeen konfiguroidut lähtötiedot tuodaan projektihakemistosta projektimalliin Design Table -työkalun tiedonhaku makrolla. Konfiguraatitiedon hakemisen jälkeen päivitetään projektimalli, jolloin Resource Table -työkaluun määritetyt variantit tuodaan tietokannasta projektirakenteeseen. Asiakaskohtaista suunnittelua sisältävien osuuksien linkittäminen konfiguraation tulostiedostoon tehdään jokaisen asiakaskohtaista suunnittelua vaativan kokoonpanon osalta käyttämällä Design Table -työkalun tiedonhaku makroa. 3D -projektimallin konfiguroinnin jälkeen on hyvä tarkastaa projektimalli pääpiirteittäin. Perussuunnittelun lopussa lasketaan hydraulikan lähtötiedot erillisellä Excel -sovelluksella ja päivitetään projektikohtainen Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan mittakuva projektin sisäistä kommunikointia varten.

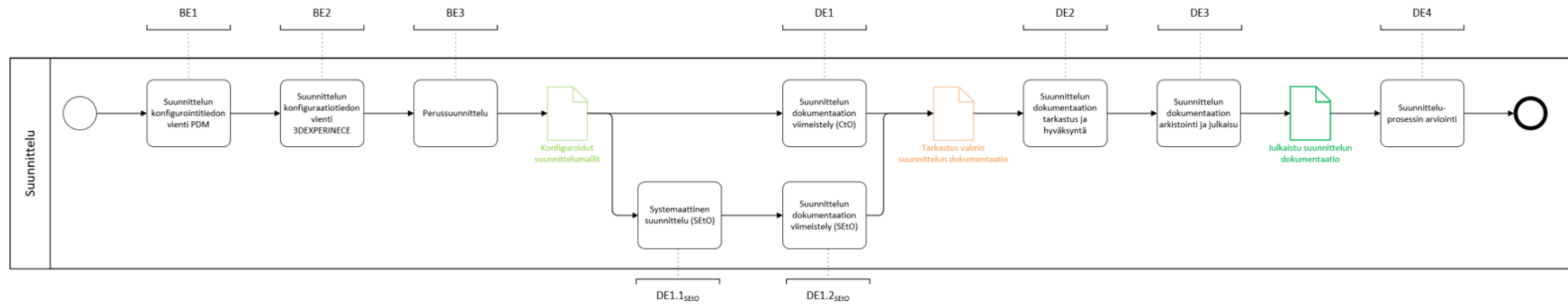
Yksityiskohtien suunnitteluvaihe jakaantuu CtO -osuuteen sekä mahdolliseen SEtO -osuuteen. Suoraviivaisimmillaan Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnitteluprosessi toteutuu muutamalla ennalta määritetyllä vakioleveydellä. Tällöin konfiguroidun 3D -projektimallin mukaan päivitetään telan kokoonpanopiirustus ja tarkastetaan piirustus sekä osaluettelo. Tarkastuksen jälkeen dokumentaatio arkistoidaan ja rakenne voidaan julkaista hankintaan. Asiakaskohtaista suunnittelua vaativissa projekteissa ennen kokoonpanopiirustuksen ja osaluettelon päivittämistä on asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien osa -ja kokoonpanopiirustukset ja niihin liittyvät osaluettelot päivitettävä. Asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien SEtO -suunnittelun valmistuttua, projektin dokumentaatio tarkastetaan, tarvittaessa korjataan ja arkistoidaan. Valmis ja tarkastettu suunnittelurakenne voidaan julkaista hankintaan.

9.2 Konfiguraatio -ohjautuvan projektisuunnitteluprosessin mallintaminen

Esikyselyn perusteella suunnitteluprosessin tulisi olla hyvin ymmärrettävä, helposti opittava ja toteutettava, jotta kokemattomankin suunnittelijan olisi helppo suoriutua vaadittavasta tehtävästä. Suunnitteluaktiviteetin kuvaamisella voidaan varmistaa mahdollisimman tehokas resurssien käyttö ja sitä kautta mahdollisimman tehokas kokonaisprosessi. Valmetissa tuotannon eri työvaiheiden kuvaamisessa on käytetty vakiotoimenpidekuvausta eli työohjetta (SOP, Standard Operation Procedure). Tämä mahdollistaa työn pilkkomisen pienempiin hallittaviin kokonaisuuksiin, jolloin työvaihe tai valmistusprosessi toteuttaa myös modulaarisuuden periaatetta. Ennen vakiotoimenpide kuvausta suunnitteluprosessiin liittyvät päävaiheet on kuvattava visuaalisessa muodossa. Suunnitteluprosessin visualisointiin käytetään Microsoft Visio -ohjelmistoa ja prosessi kuvataan vuokaaviona.



Kuva 50 Konfiguraatio -ohjautuvan paperikonekomponentin suunnittelukonfigurointi prosessi



Kuva 51 Konfiguraatio -ohjautuvan paperikonekomponentin suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessin päävaiheiden kuvaaminen osoittaa selkeästi asiakaskohtaista suunnittelua vaativan SETO -prosessin ylimääräisen työvaiheen (kuva 51). Prosessikuvaus ei kuitenkaan anna selkeää kuvaa ylimääräisen vaiheen työmäärästä tai vaativuudesta eikä mahdollista suunnittelutyön riittävän tarkkaa ohjaamista ja hallintaa. Prosessikuvaksesta tarkempi ja suunnittelijan näkökulmasta tarkemmin suunnittelutyötä ohjaava kuvaus suunnitteluprosessista on vakiotoimenpidekuvaus eli työohje, jossa jokainen prosessin vaihe jaetaan alivaiheisiin tai tehtäviin. Näin kunkin työvaiheen sisältämiä tehtäviä voidaan helpommin hallita, seurata ja kehittää. Projektin aikana vakiotoimenpidekuvaus lomakkeeseen voidaan kirjata eri vaiheisiin ja alivaiheisiin kuluva aika, jotka auttavat seuraamaan ja tunnistamaan prosessiin tai projektiin liittyviä eroavaisuuksia ja kehittämään prosessia.

Valmet		CIO Engineering SOP CIO Suunnittelun työohje	INTERNAL
Projekti			
Tuote	Valmet SymZL Shoe Press Roll		
Pääsuunnittelija / suunnittelija			
Päiväys			
Nro.	Alivaihe / tehtävä		Kesto [min]
FPC1.1 Suunnittelukonfiguroinnin suorittaminen (Freezing Point Configuration)			
1	Haetaan tarjousvaiheen konfigurointi TCSite -tietokannasta		
2	Kopioidaan tarjousvaiheen konfigurointi myyntinumerolle		
3	Päivitetään lähtötietojen jäädäytys konfigurointi erittelyn mukaan		
4	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
FPC1.2 Konfiguraation tulostiedostojen arkistointi			
1	Tallennetaan konfigurointi export-tiedostot projektitakemistoon, huomioitava dokumentti ID ja revisioaste		
2	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
FPC2.1 Konfiguraation eroavaisuuksien selvittäminen			
1	Verrataan myyntikonfiguraatiota ja suunnittelukonfiguraatiota Wordin Compare-toiminnon avulla		
2	Täytetään erot konfiguraatioiden eroavaisuus raporttiin		
3	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
FPC2.2 Konfiguraation eroavaisuuksien raportin arkistointi			
1	Arkistoidaan konfiguraatio eroavaisuuksien raportti projektikantaan		
2	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
BE1 Projektin osaluettelon konfigurointi (PDM)			
1	Avataan WoWa-osaluettelon kytkentätyökalu		
2	Viedään projektikohtaisen konfiguroinnin xml-tiedosto WoWa-osaluettelon kytkentätyökaluun		
3	Generoidaan projektikohtainen PDM-osaluettelo		
4	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
BE2 Projektin 3D -rakenteen konfigurointi (3DEXPERIENCE)			
1	Duplikoidaan tuotemalli projektille (Silver layerillä)		
2	Viedään projektikohtaisen konfiguroinnin DesignTable import-tiedosto projektikohtaiseen tuotemalliin		
3	Päivitetään malli (=konfigurointi)		
4	Tarkastetaan malli pääpiirteittäin		
5	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		
BE3 Perussuunnittelu			
1	Lasketaan projektin hydraulikan lähtötiedot		
2	Päivitetään telan pääpiirustus		
3	Kirjataan vaiheen kesto lomakkeelle		

Kuva 52 Konfiguraatio -ohjautuvan suunnittelun vakiotoimenpidekuvaus eli työohje suunnittelukonfiguroinnin ja perussuunnittelun vaiheista

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa muodostetaan johtopäätös työn teoriaosasta ja empiirisestä osasta ja pohditaan miten tutkimus vastaa asetettuihin tutkimuskysymyksiinsä sekä arvioidaan miten konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa paperikonekomponentin suunnitteluprosessiin. Ensimmäisenä kuvataan konfiguraatio -ohjautuvan tuoterakenteen ilmentymät, niihin liittyvä tietojärjestelmäarkkitehtuuri sekä kehitetyt suunnittelun automaation ratkaisut. Seuraavana esitellään kehitettyyn tuoterakenteeseen ja sen konfiguraatio -ohjautuvuuteen soveltuva suunnitteluprosessi ja siihen liittyvä vakioimenpide kuvaus eli työohje. Tämän jälkeen vastataan asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja arvioidaan tuloksia hyödyntämällä suunnittelun automaation kypsyysmallia.

10.1 Työn keskeiset tulokset

Työn keskeisiä tuloksia ovat Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva 3D -tuoterakenne sekä siihen liittyvä suunnitteluprosessi ja työohje. Tutkimuksessa löydettiin tapa kytkeä eri järjestelmissä olevien eri tuoterakenteen ilmentymät kokonaisuuden kannaltaärkevimmältä tuoterakenteen tasolta. Tämä mahdollistaa eri tuoterakenteen ilmentymien kehittämisen ilmentymän kannalta optimaaliseen muotoon, kunhan eri tuoterakenteen ilmentymien välinen kytkettävä taso on kaikissa sama.

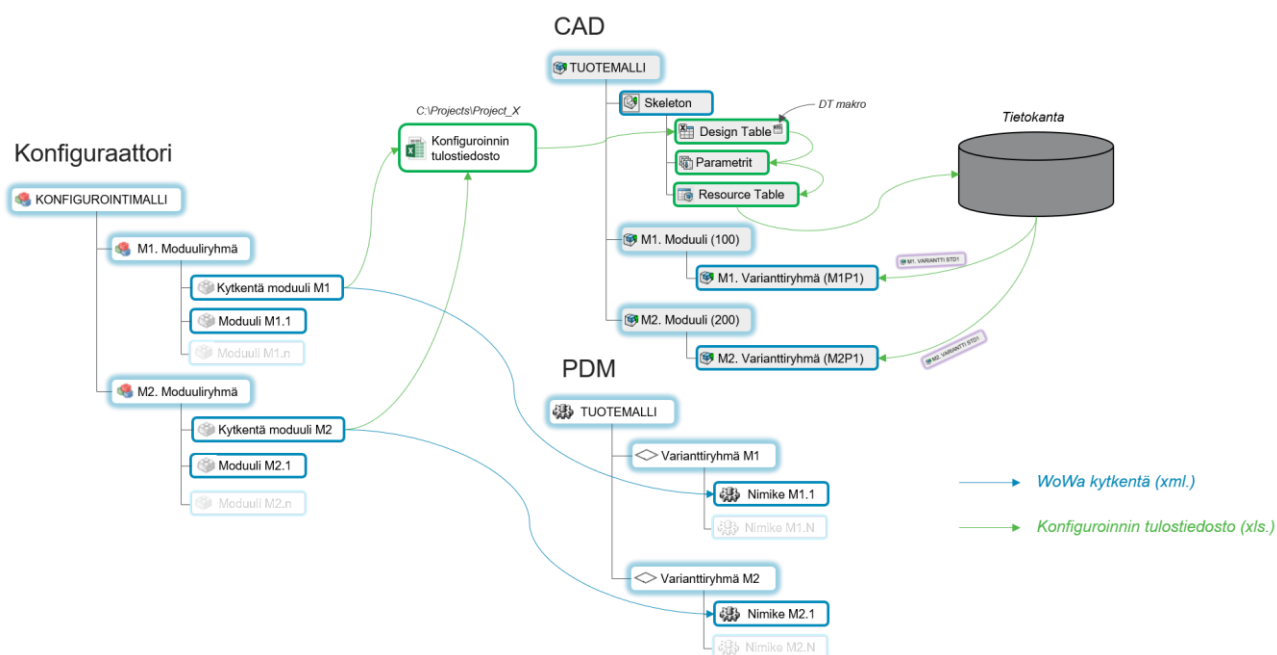
10.1.1 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne

Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne perustuu konfigurointimallissa olevaan kytkentämoduuliin ja sen määrittämien variantteihin liittyvien tietojen kytkemiseen CAD -ja PDM -järjestelmiin. Kytkeminen tapahtuu päämoduulitasoilta, joille voidaan kytkeä konfiguraatiosta riippuen vakio tai parametrinen kokoonpano. Päämoduulitason kytketyminen mahdollistaa eri tietojärjestelmissä olevan alirakenteen järjestelmäkohtaisen hallinnan, jolloin esimerkiksi konfiguraattoriin integroitu kustannusmalli voi toimia huomattavasti tarkemmalla tuoterakenteella. Vakio kokoonpanojen hyödyntäminen mahdollistaa suunnittelun kannalta tehokkaimman suunnittelun uudelleenkäytön ja sitä kautta myös tehokkaimman projektisuunnittelun vähentäen projektikohtaisten piirustuksien määrää.

Koska kehitetyssä ratkaisussa konfigurointi tapahtuu kokoonpanotasolla, auttaa skeleton -elementtiin perustuva mitoitus kokoonpanojen piirustusten hallintaa. Ilman skeleton -elementtiin perustuvaa mitoitusta, kokoonpanopiirustusten mittojen ja merkintöjen kontekstilinkki muuttuu aina kun rakennetta konfiguroidaan, jolloin niiden kytkentä 3D -malliin häviää ja piirustuksien mitoitus ja merkinnät on tehtävä uudestaan.

Päämoduulitason konfigurointi mahdollistaa dynaamisen ylhäältä alas mallinnuksen, jolloin konfiguraatio määrittää kaikkiin päämoduulitasoihin joko vakio kokoonpanon tai asiakaskohtaisen suunnittelun mahdollistavan parametrinen kokoonpanon. Dynaamisessa ylhäältä alas mallinnuksessa konfiguraattori ohjaa suunnittelujärjestelmää valitsemaan tarkoitukseen sopivan parametrinen kokoonpanon ja tuottaa ohjausparametrit malleille. Koska konfiguraattorin ja 3DEXPERIENCE Platformin välille ei ole luotu järjestelmätason integraatiota, kehitettiin tuoterakenteessa olevaan Design Table -taulukkoon konfiguroidun parametritiedon hakuun käytettävä tiedonhakumakro. Tämä vähentää tuotemallin käyttäjäriippuvuutta, kun suunnittelurakenteen konfigurointitieto haetaan projektihakemistosta makron avulla.

Tiedonhakumakro mahdollistaa, että tieto koko myynti- ja suunnitteluprosessiin tuotetaan yhdestä lähteestä eli konfiguraattorista. Kehitetty tuoterakenne ja sen toiminta perustuu tietopohjaiseen suunnitteluun, jossa suunnittelutieto on tallennettu järjestelmiin ja suunnitteluprosessi hyödyntää niitä. Parametrisissa malleissa järjestelmän tuoma ohjaus tehostaa suunnittelutiedon uudelleenkäyttöä, vähentää käyttäjäriippuvuutta vakioiden suunnittelutyön ja sisällön.



Kuva 53 Konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin tietojärjestelmäarkkitehtuuri

3DEXPERIENCE Platform mahdollistaa myös projektin aloitukseen automaattisen projektirakenteen generoimisen. Projektirakenteen automaattinen luominen tapahtuu Advanced Duplicate -toiminnolla ennalta tehtyjen määritysten mukaan. Tämä vähentää projektin alussa manuaalista työtä, inhimillisiä virheitä sekä vakioi käyttäjän näkökulmasta projektin aloituksen.

10.1.2 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi

Kehitetystä konfiguraatio -ohjautuvassa tuoterakenteesta tietojärjestelmät ohjaavat prosessin vaiheita. Tietojärjestelmät ja niissä olevat tuoterakenteen ilmentymät vaativat hyvin määritellyn ja vakioitun prosessin. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi sisältää kaksi aliprosessia; suunnittelukonfigurointivaiheen sekä varsinaisen suunnitteluvaiheen. Suunnittelukonfigurointivaihe jakaantuu neljään päävaiheeseen ja varsinainen suunnitteluvaihe seitsemään tai kahdeksaan vaiheeseen riippuen asiakaskohtaisen suunnittelun määrästä. Konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin mallintaminen visuaalisesti vuokaavioksi mahdollistaa prosessiin liittyvien ihmisten ja

tietojärjestelmien yhteisten prosessien tehokkaamman suunnittelun, käyttämisen sekä hallinnan. Prosessin visuaalinen kuvaaminen ei ole suunnittelijan näkökulmasta riittävän tarkka prosessikuvaus sillä prosessin päävaiheet voivat sisältää useiden kymmenien tuntien työmäärän, jolloin sen suunnittelutyötä ohjaava vaikutus jää vähäiseksi. Tarkempaan suunnittelutyön kuvaamiseen ja hallintaan soveltuu paremmin vakiotoimenpidekuvaus (SOP, Standard Operation Procedure) eli työohje. Suunnittelukonfigurointi sisältää 11 alivaihetta ja suunnitteluvaihe 40 -56 alivaihetta riippuen asiakaskohtaisen suunnittelun tarpeesta. Täysin CtO -tuotemäärittelyä sisältävässä projektissa on siis noin 30% vähemmän suunnitteluvaiheita mitä eniten asiakaskohtaista räätälöinti sisältävässä CtO -ja SEtO -tuotemäärittelyn yhdistelmässä. Tämä ei kuitenkaan kuvaa todellista eroa näiden ääripäiden suunnittelutyön määrystä. Todelliset erot selviävät vasta muutaman projektin suunnittelun toteuttamisen kehitetyllä konfiguraatio -ohjautuvalla suunnitteluprosessilla ja siihen liittyvillä tietojärjestelmillä.

10.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen alussa tutkimukselle asetettiin neljä tutkimuskysymystä. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on koota yhteen muiden kysymyksien avulla löydetty havainnot. Tästä syystä on luontevaa vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen viimeisenä. Tutkimuskysymys numero kaksi ”Mitä konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?” ohjasi koko tutkimusta ja loi perustan muihin tutkimuskysymyksiin vastaamiselle.

2. *Mitä konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteilta, suunnitteludokumentaatiolta sekä suunnitteluprosessilta?*

Martion (2015, s. 187) mukaan konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii tuoterakenteen suunnitteluvaiheessa tarkan tuoteperheen ja sovellusalueen määrittämisen, jolloin voidaan luoda geneerinen tuoterakenne. Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaatii hyvin mallinnettuja ja modulaarisia tuoterakenteita sekä suunnitteluprosesseja. Eri tietojärjestelmissä olevat tuoterakenteen ilmentymät tulee huomioida konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin kehittämisessä. Martion (2015, s.23-36) mukaan tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on generoida toimitusketjun vaatima tieto asiakkaalle myydystä konfiguraatiosta, mikä suunnittelun näkökulmasta tarkoittaa toimitusprosessin

vaatimien nimikkeiden, parametrien ja tarvittavan dokumentaation tuottamista. Kehitetty konfiguraatio -ohjautuva adaptiivinen geneerinen tuoterakenne mahdollistaa tehokkaan suunnittelun uudelleenkäytön hyödyntämällä vakio -osien ja -kokoonpanojen konfiguraatio -ohjautuvaa valintaa mahdollistaen ennalta määritetyissä rajoissa tapahtuvan asiakaskohtaisen suunnittelun parametrusten varianttien avulla.

Suunnittelun dokumentaation on tuettava konfiguraatio -ohjautuvaa toimintatapaa mahdollistaen kokoonpanotasojen konfigurointi. CAD -järjestelmässä osien ja kokoonpanojen varioiminen tuoterakenteessa aiheuttaa kyseisellä tasolla olevan piirustuksen mittojen ja merkintöjen kontekstilinkkien häviämisen. Kehitetty skeleton -elementtiin perustuva kokoonpanopiirustusten mitoitus mahdollistaa osien ja alikokoonpanojen varioimisen niin että mittojen ja merkintöjen kontekstilinkit viittaavat skeleton -elementin mitoituspugeometriaan. Näin konfiguroinnin jälkeinen piirustuksien päivittäminen ja viimeistely ei vaadi merkittävää työpanosta.

Jotta tiedon uudelleenkäyttöä ja suunnittelun automaatiota voidaan tehostaa, on suunnitteluprosessi tunnettava hyvin. Suunnitteluprosessin kuvaaminen ja dokumentointi mahdollistaa prosessin paremman ymmärtämisen. Modulaarisuus on tuotteen jakamista hallittaviin kokonaisuuksiin, jolloin sen hallittavuus paranee. Samaa periaatetta voidaan hyödyntää prosesseissa eli jakaa se pienempiin hallittaviin kokonaisuuksiin eli vaiheisiin ja alivaiheisiin, jolloin koko prosessin hallittavuus paranee. (Frank et al. 2014, Cederfelt & Elgh 2005)

Haveyn (2005) mukaan perusvaimus liiketoimintaprosessin mallintamiselle on mahdollisuus suunnitella, käyttää, valvoa ja hallita ihmisten ja tietojärjestelmien yhteisiä prosesseja paremmin. Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi liittää suunnittelun tietojärjestelmät ja varsinaisen suunnittelun työn samaan prosessiin. Suunnitteluprosessi ei ole suoraan hyödynnettävissä EtO -tuotemääritykseen perustuvassa toiminnassa, koska konseptitason suunnittelu -ja mitoitussääntöihin perustuvassa tuotemäärityksessä suunnittelijan henkilökohtaiset ratkaisut korostuvat suunnittelun lopputuloksessa.

3. Tehostaako konfiguraatio-ohjautuva toimintatapa toimitusprojektikohtaista suunnittelua?

Martion (2015, s.23) mukaan tietokoneavusteinen tuotekonfigurointi mahdollistaa merkittävän parannuksen suunnittelun nopeudessa ja laadussa. Myös Cederfeldt & Elgh (2005) mukaan suunnittelun automaatiassa hyödynnetään suunnitteluprosessin eri vaiheissa tietojärjestelmissä ja työkaluissa olevaa tietoa vaiheiden automatisointiin. Aberdeen Groupin teettämässä tutkimuksessa (2007, s.1) todettiin, että uuden tuotteen suunnittelu-aikaa on saatu vähennettyä 30% kun se liittyy läheisesti olemassa olevaan tuotteeseen. Kyseisessä tutkimuksessa todettiin myös, että tuotteissa joiden suunnittelu perustuu voimakkaaseen uudelleenkäyttöön, voidaan saavuttaa jopa 80% vähennys suunnittelutunneissa. Ong et al. (2008, s.18) mukaan modulaarinen tuoterakenne on yksi tärkeimmistä tekijöistä, joka mahdollistaa tuotteen mekaanisen suunnittelun uudelleenkäytön tehostamisen. Kirjallisuuden mukaan tiedon uudelleenkäyttö tehostaa suunnittelutyötä. Kehitetty konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa tehostaa olemassa olevan suunnitteludokumentaation uudelleenkäyttöä ja suunnittelutiedon uudelleenkäyttöä asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien konfiguraatio -ohjautuvalla parametrisiin malleihin perustuvalla systemaattisella suunnittelulla. Johtuen tutkimuksen ja meneillään olevien toimitusprojektien aikataulullisista ristiriidoista, kehitetyn konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin todellista vaikutusta projektisuunnittelun tehokkuuteen ei pystytty tutkimuksen aikana todentamaan. Perustuen kuitenkin kirjallisuudessa esitettyihin seikkoihin ja sen mukaisesti kehitettyyn konfiguraatio -ohjautuvaan suunnitteluprosessiin liittyvien tietojärjestelmä-, tuoterakenne -ja suunnittelun automaatio ratkaisujen sekä hyvin määritetyn suunnittelun ohjeen kanssa, voidaan olettaa projektikohtaisen suunnittelun tehostuvan konfiguraatio -ohjautuvassa toimintavassa.

4. Voiko suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta mitata ja kehittää systemaattisesti?

Haveyn (2005) mukaan perusvaatimus liiketoimintaprosessin mallintamiselle on mahdollisuus suunnitella, käyttää, valvoa ja hallita ihmisten ja tietojärjestelmien yhteisiä prosesseja paremmin. Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata kuvaamalla prosessin eri vaiheissa tapahtuva työ ja mitata vaiheiden laatua ja tehokkuutta. Etenkin asiakaskohtaista suunnittelua vaativien osuuksien tunnistaminen ja mittaaminen prosessista on tärkeää, koska kyseisten vaiheiden suorittaminen laadukkaasti ja tehokkaasti vaikuttavat koko prosessin onnistumiseen. Suunnitteluprosessin kehittämisen apuna voidaan käyttää Willner et

al. (2016, s. 65-66) esittämää suunnittelun automaation kypsyyden mallia, josta voidaan arvioida suunnittelun automaation nykytila eri ulottuvuuksien näkökulmasta, määrittää lyhyen ja pitkän ajan tavoitteet sekä niiden vaatimat kehityskohteet. Liiketoimintaprosessin kuvaamisella voidaan tunnistaa kehitystarpeita, jolloin prosessia voidaan kehittää. Jotta suunnitteluprosessia voidaan kehittää, on prosessiin liittyviä osuuksia pystyttävä mittaamaan. Tutkimuksessa kehitettiin vakioimenpidekuvaus konfiguraatio -ohjautuvalle suunnitteluprosessille. Se mahdollistaa projektin eri vaiheiden kestojen kirjaamisen, joka antaa tietoa eri vaiheisiin kuluva ajasta. Systemaattisen suunnittelun (SEtO) osuuksien tarkempi seuraaminen ja analysointi mahdollistaa toistuvien parametrikombinaatioiden tunnistamisen ja sitä kautta uusien vakiovarianttien luomisen.

Liiketoimintaprosessin laadun viitemalli (BPQRM -viitemalli) mahdollistaa suunnitteluprosessin ja siihen liittyvien osuuksien laadun ja tehokkuuden mittaamisen. Viitemalli perustuu liiketoimintaprosessiin liittyvien osuuksien tärkeiden laadullisten ominaisuuksien tunnistamiseen kyselyn tai haastattelun avulla. Liiketoimintaprosessia voidaan kehittää ja mitata tunnistettujen laadullisten ominaisuuksien mukaan. BPQRM -viitemallia käytettiin tutkimuksen esitietojen kyselyyn Telat -tuoteryhmältä. Kyselyn avulla tunnistettiin Telat -tuoteryhmän mielestä tärkeimmät suunnitteluprosessiin liittyvät laadulliset ominaisuudet. Johtuen tutkimuksen ja meneillään olevien toimitusprojektien aikataulullisista ristiriidoista, kehitetyn konfiguraatio -ohjautuvan suunnitteluprosessin todellista vaikutusta projektisuunnittelun tehokkuuteen tai laatuun ei pysytty todentamaan. Tutkimuksen alussa toteutettu BPQRM -viitemalliin perustuva sähköinen kysely osoittautui tehokkaaksi ja käyttäjäystävälliseksi tavaksi kerätä tietoa suunnittelijoilta. Tunnistettujen tärkeimpien laadullisten ominaisuuksien arvioimista esimerkiksi arvosteluasteikolla yhdestä viiteen voisi kuvata prosessin eri vaiheiden kehittymistä. Näin sähköistä kyselyä voitaisiin käyttää suunnitteluprosessin systemaattiseen kehittämiseen.

Suunnitteluprosessin laatua ja tehokkuutta voidaan mitata myös valmiiden varianttien käyttöasteella sekä tilastoimalla konfiguraatioiden tulostiedot. Esimerkiksi parametristen varianttien toistuvien parametrien tunnistamisella voidaan mahdollisesti yksinkertaistaa tuoterakennetta ja siihen liittyvää suunnitteluprosessia luomalla toistuvimmista parametrikombinaatioista valmiita variantteja. Paleniuksen (2019) mukaan tähän voidaan

käyttää 3DEXPERIENCE Platformin Advanced Search -työkalua tai luoda erillinen makro hakujen suorittamiseen.

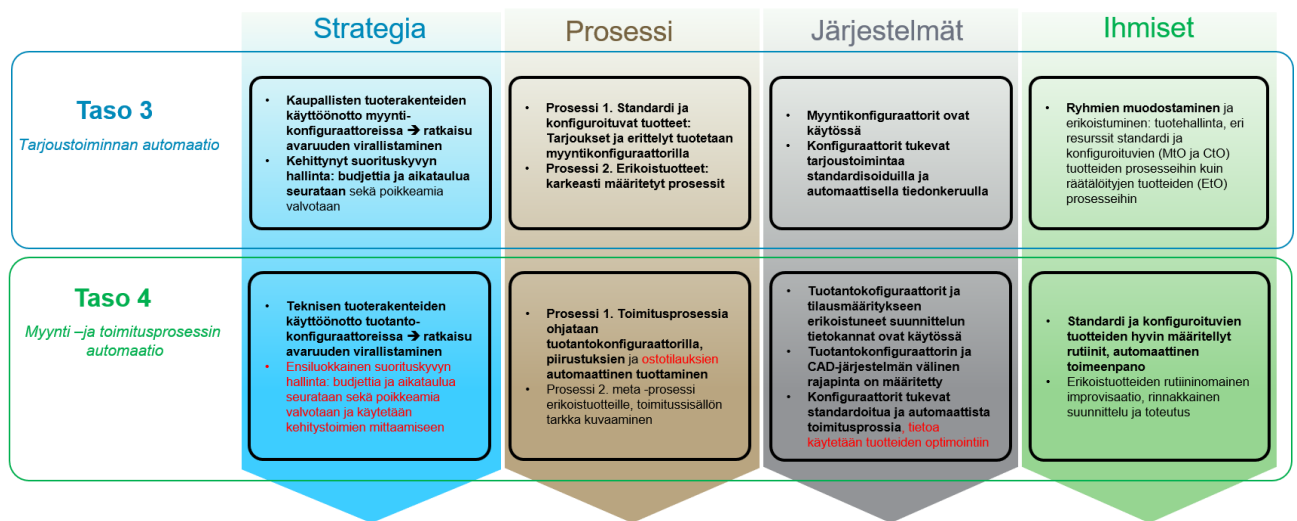
1. Miten konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön?

Cederfeldt & Elgh (2005) mukaan suunnittelun automaatiassa hyödynnetään suunnitteluprosessin eri vaiheissa tietojärjestelmissä ja työkaluissa olevaa tietoa vaiheiden automatisointiin. Suunnitteluprosessin automatisoinnilla ja tiedon uudelleenkäytöllä voidaan parantaa prosessin tehokkuutta ja luotettavuutta. Tiedon uudelleenkäytön tehostamisella ja suunnittelun automaatiolla voidaan parantaa myös suunnittelun laatua.

Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa vaikuttaa toimitusprojektikohtaiseen suunnittelutyöhön mahdollistamalla katkeamattoman tiedonvirtauksen myynnistä toimitusprosessin suunnitteluvaiheeseen. Kehitetty toimintatapa mahdollistaa tehokkaamman ja laadukkaamman suunnitteluprosessin vähentämällä yksilöiden vaikutusta prosessiin. Konfiguraatio -ohjautuva toimintatapa ei poista asiakaskohtaisen suunnittelun tarvetta, mutta mahdollistaa vakioidun alustan asiakaskohtaiselle suunnittelulle järjestelmän valitsemilla parametrisilla malleilla. Kehitetty adaptiivinen generinen tuoterakenne ja dynaaminen ylhäältä alas mallinnus mahdollistaa asiakaskohtaisen varioituvuuden ennalta määritetyllä sovellusalueella. Toimitusprojektikohtainen suunnittelutyö yksinkertaistuu ja tehostuu, jolloin kokeneet suunnittelijat voidaan vapauttaa vaativimpiin projekteihin, kuten esimerkiksi vanhojen kartonki -ja paperikoneiden osittaista uusimista sisältäviin projekteihin. Suunnitteluprosessin ja sitä tukevien tietojärjestelmien yhteistyö mahdollistaa myös suunnittelun ulkoistamisen, jolloin Valmetin pääsuunnittelija tuottaa suunnittelukonfiguroinnin ja varsinainen suunnittelu toteutetaan soveltuvan yhteistyökumppanin toimesta. Tämä mahdollistaa suunnittelun alihankkimisen niin, että kriittinen tuotetieto pysyy Valmetilla ja yhteistyökumppani suorittaa vain mekaanisen suunnittelun. Toimitusprojektin suunnittelua voidaan seurata vakio-toimenpidekuvauksen mahdollistamalla tuntiseurannalla. Jatkossa suunnittelun vakio-toimenpidekuvaus voidaan tuottaa suunnittelukonfiguroinnissa annettujen määritysten mukaan, jolloin jokaisen vaiheen budjetti määritetään vakio-toimenpidekuvauksessa.

10.3 Tulosten arviointi

Tutkimuksen keskeisimmät tulokset olivat konfiguraatio -ohjautuva tuoterakenne sekä sitä tukeva suunnitteluprosessi ja suunnittelun vakiotoimenpidekuvaus eli työohje. Konfiguraatio -ohjautuvuuden näkökulmasta kytkentämoduulin mahdollistama eri tasoisten tuoterakenteiden ilmentymien ohjaaminen suunnittelun uudelleenkäytön kannalta järkevimmältä tasolta oli tutkimuksen kannalta merkittävä havainto. Tiedonhaku makron hyödyntäminen parametrusten mallien ohjaamisessa mahdollisti korkean tason CAD -mallipohjan (HLCt) luomisen, jossa mallipohja sisältää ohjaukseen liittyvän tiedon, mutta varsinainen konfiguraatietieto tuotetaan tuotantokonfiguraattorin avulla ja vain konfiguraation mukaiset variantit haetaan tietokannasta. Tutkimuksen tulosta voidaan arvioida suunnittelun automaation kypsyyssmallin avulla. Suunnittelun automaatio oli ennen tutkimusta karkeasti tasolla kolme eli ”Tarjoustoiminnan automatisointi”.



Kuva 54 Suunnittelun automaation kypsyyssmalli, tutkimuksen tulokset ja mahdolliset jatkotutkimustarpeet

Kuvassa 54 on esitetty **lihavoidulla** tekstillä tutkimuksessa kehitetty suunnittelun automaation kypsyyssmallin mukaan tason neljä eli ”Myynti -ja toimitusprosessin automaatio” mukaisia ominaisuuksia:

1. Järjestelmät: Tuotantokonfiguraattorin ja CAD -järjestelmän välinen rajapinta on määritetty kytkentämoduuliin ja tiedonhaku makron avulla.
2. Ihmiset: Suunnitteluprosessin ja vakiotoimenpidekuvauksen avulla hyvin määritellyt rutiinit standardi ja konfiguroituville tuotteille.
3. Prosessi: Toimitusprosessia ohjataan tuotantokonfiguraattorilla, joka tukee vakio -osien ja -koonpanojen tehokasta uudelleenkäyttöä. Skeleton -elementtiin perustuva kokoonpanopiirustusten mitoitus mahdollistaa lähes automaattisen piirustuksien tuottamisen.
4. Strategia: Ennen tutkimuksen aloitusta tuotantokonfiguraattori sisälsi tekniset tuoterakenteet ja virallisen ratkaisu avaruuden, mutta vasta tutkimuksen aikana kehitetty kytkentämoduuli mahdollisti tuotantokonfiguraattorin ja suunnittelujärjestelmissä olevien tuoterakenteiden eri ilmentymien kytkemisen ja ohjaamisen.

Suunnittelun automaation kypsyysmallin mukaan tutkimus kehitti Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaatiota jokaisella neljällä ulottuvuudella. Merkittävimmät edistysaskeleet tapahtuivat prosessi, järjestelmät sekä ihmiset ulottuvuuksissa. Voidaan siis todeta, että Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaation kypsyys on kehittymässä tasolle neljä eli ”Myynti -ja toimitusprosessin automaatio”- tasolle. Perinteisessä EtO -tuotemääritykseen perustuvassa liiketoiminnassa suunnittelutoiminnon valta ja merkitys on suuri ja sen sitouttaminen uuteen konfiguraatio -ohjautuvaan toimintatapaan on avainasemassa toimintatavan laajempaan levittämiseen toimitusprosessin seuraaville vaiheille.

10.4 Jatkotoimenpiteet

Modular Way to Operate -kehitysohjelman tavoitteena on mahdollistaa konfigurointiin perustuva myynti -ja toimitusprosessi. Suunnittelun automaation kypsyysmallin mukaan tämä tarkoittaa tasoa neljä eli ”Myynti -ja toimitusprosessin automaatio” -tasoa. Kuvassa 54 on esitetty punaisella tekstillä strategia, prosessi ja järjestelmä ulottuvuuksista suunnittelun automaation kokonaisuuden kannalta tärkeimmät seuraavat kehityskohteet.

1. Strategia: Ensiluokkainen suorituskyvyn hallinta, budjettia ja aikataulua seurataan ja poikkeamia valvotaan ja käytetään kehitystoimien mittaamiseen.

Tutkimuksen aikana kehitetty vakiotoimenpidekuvaus mahdollistaa suunnitteluprosessin suorituskyvyn mittaamisen. Muutaman projektin läpivienti kehitetyllä konfiguraatio - ohjautuvalla suunnitteluprosessilla niin, että vaiheiden ja alivaiheiden todellista työtä seurataan, antaisi lisätietoa prosessin suorituskyvyn mittaamiselle ja kehittämislle. Myös varianttien käyttöasteen automaattinen raportointi 3DEXPERIENCE Platform tietokannasta mahdollistaisi prosessin suorituskyvyn ja laadun tarkemman seurannan.

2. Prosessi: Ostotilauksien automaattinen tuottaminen.

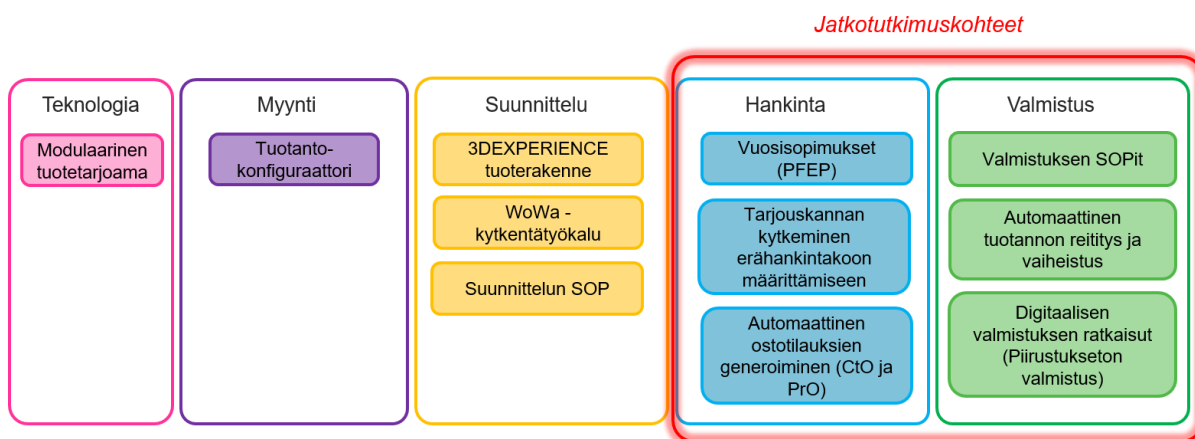
Hankinnan standardoitu ja automaattinen ostotilauksien tekeminen CtO- ja PtO - tuotemäärityksen tuotteille mahdollistaa hankinnan keskittymisen vaativampien tuotteiden ostotilauksien tekemiseen. Tarjousten konfiguraatiodiedon käsittely mahdollistaisi CtO- ja PtO -tuotemäärityksen osien hankintojen niputtamisen, jolloin yksikkökustannus ja laatu paranee suuremmat eräkoon kautta.

3. Järjestelmät: Konfiguraattorit tukevat standardoitua ja automaattista toimitusprosessia, tietoa käytetään tuotteiden optimointiin.

Kehitetty konfiguraatio -ohjautuva suunnitteluprosessi tukee standardoitua ja automaattista toimitusprosessia. Suunnittelun jälkeen seuraaviin toimitusprosessin vaiheisiin hankintaan ja valmistukseen sitoutuu projekteissa paljon rahaa ja työtä. Näiden vaiheiden standardoitu ja automatisoitu prosessi parantaisi tuotteiden kustannuskilpailukykyä ja laatua. Valmet Modular Way ShoePress -konfiguraattorin integroitu kustannusmalli valmistuksen reitti -ja vaihetiedon määrityksellä mahdollistaa projektin vaihekohtaisten valmistusaikojen tuottamisen. Konfiguraattorin tuottaman reititys ja vaiheistustiedon kytkeminen tuotannonohjausjärjestelmään (ERP) ja tuotannon hienokuormitusjärjestelmään (APS) mahdollistaisivat konfiguraatio -ohjautuvuuden myös tuotannonohjauksessa. Suunnittelun automaation kehittäminen etenkin omavalmisteiden perinteisen suunnitteludokumentaation korvaaminen erilaisilla digitaalisen valmistuksen mahdollistamilla ratkaisulla, kuten

modulaarisilla automaattisesti tuotetuilla NC -ohjelmilla tai 3D -malliin tehdyillä merkinnöillä.

Tarjousten konfigurointitiedon käsittely mahdollistaisi tietyllä aikavälillä toteutuvien kauppojen hankintojen niputtamista, joka mahdollistaa suurempien eräkokojen tuomien kustannussäästöjen ja paremman laadun saavuttamisen.



Kuva 55 Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan toimitusprosessin jatkotutkimuskohteet

Valmetilla on testattu Dassault Systemesin Enovia PLM (Product Lifecycle Management) tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmää Valmet Paper PDM tuotetiedon hallintajärjestelmän korvaamiseen. Willner et al. (2016, s. 59) mukaan tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä (PLM) nähdään soveltuvan parhaiten massavalmistustuotteiden myynti -ja toimitusprosesseihin, kuten MtO (Make-to-Order) tai AtO (Assemble-to-Order) eikä sen hyödyntämisestä EtO myynti-toimitusprosessissa ole paljoa tutkittua tietoa. Enovia PLM -järjestelmän vaikutus konfiguraatio -ohjautuvaan suunnitteluprosessiin on myös mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe, koska tuotetiedon hallintajärjestelmä integroituu CAD -suunnittelujärjestelmän kanssa samaan ympäristöön, jolloin erillinen varianttilistan ja osaluettelon nimikkeiden kytkentätyökalu WonderWare muuttuu tarpeettomaksi. Enovia PLM -järjestelmän käyttöönotto mahdollistaa myös tuotannon reitityksen ja vaiheistuksen kytkemisen samaan järjestelmään Delmia digitaalisen valmistuksen lisäosalla.

11 YHTEENVETO

Valmetin Modular Way to Operate -kehitysohjelman tavoitteena on mahdollistaa konfigurointiin perustuva myynti -ja toimitusprosessi. Modular Way to Operate -kehitysohjelman kuuluvassa Modular Way Special Rolls -kehitysohjelmassa Valmetin ensimmäisestä täysin modulaarisesta Valmet SymZL Shoe Press Roll -telasta luotiin tuotantokonfigurointimalli integroidulla kustannusmallilla. Valmet Modular Way ShoePress -tuotantokonfiguraattori mahdollisti kustannukset sisältävien tarjousten tuottamisen. Tapaustutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään konfiguraatio -ohjautuvan toimintatavan vaikutusta paperikonekomponentin toimitusprojektikohtaiseen suunnitteluun. Tutkimuksen alkuvaiheessa Telat -tuoteryhmälle tehtiin sähköinen kysely suunnitteluprosessiin ja siihen liittyvien osien tärkeimpien laadullisten ominaisuuksien selvittämiseksi. Sähköisen kyselyn pohjana toimi liiketoimintaprosessin laadun viitemallia (Business Process Quality Reference Model, BPQRM). Sähköisen kyselyn tulos sekä Willner et al. (2016, s. 65) esittelemä suunnittelun automaation kypsyysmalli ohjasivat tutkimuksen ratkaisujen tuottamista.

Koska konfiguraattorin ja tuotetiedon hallintajärjestelmän kytkentään kehitettiin Modular Way to Operate -kehitysohjelmassa koko paperit liiketoimintalinjan laajuinen kytkentätyökalu automaattiseen osaluettelon luomiseen, keskittyi tutkimus pääasiassa 3DEXPERIENCE Platformin tuoterakenteen konfiguraatio -ohjautuvuuteen. Tutkimuksessa kehitettiin kytkentämoduuli, joka mahdollisti eri järjestelmissä olevien tuoterakenteen ilmentymien kytkennän synkronoinnin. 3DEXPERIENCE Platformin tuoterakenteen konfiguraatio -ohjautuvuuden mahdollistavaan tietojärjestelmäratkaisuun yhdistettiin monia ratkaisuja, joiden alkuperäinen tarkoitus oli jokin muu. Tästä hyvänä esimerkkinä oli tiedonsiirto makro, jolla alun perin oli tarkoitus varmistaa projektirakenteen käyttäjäystävällinen konfigurointitiedon kytkentä. Työmäärällisesti konfiguraatio -ohjautuvaan 3D -tuoterakenteeseen käytettiin tutkimuksessa ja tutkimuksen taustalla eniten aikaa. Samaa generistä tuoterakennetta pyritään hyödyntämään kaikissa telatuotteissa. 3D -tuoterakenteen ohjaamisen monimutkaisuus johtui kaikkien eri tietojärjestelmissä olevien tuoterakenteen ilmentymien huomioimisesta unohtamatta niiden vaikutusta projektikohtaiseen suunnitteludokumentaation tuottamiseen. 3D -tuoterakenteen kehityksessä suurena apuna oli

Telat -tuoteryhmän mekaanisten suunnittelujärjestelmien pääkäyttäjä Jesse Kivinen, joka vastasi myös lopullisen 3D -tuoterakenteen tuottamisesta.

Suunnittelujärjestelmien suunnittelun automaatiota ja suunnittelun uudelleenkäyttöä lisäävien ratkaisujen tukemiseksi suunnitteluprosessi mallinnettiin visuaaliseen muotoon, josta johdettiin suunnittelun vakioimenpidekuvaus eli työohje. Työohje toimii suunnittelijan tukena toimitusprojektikohtaisessa suunnittelussa ja mahdollistaa myös eri vaiheiden ja alivaiheiden kestojen raportoinnin.

Tutkimuksen tuloksia arvioitiin suunnittelun automaation kypsyysmallin avulla, jonka mukaan Valmet SymZL Shoe Press Roll -telan suunnittelun automaation taso oli noussut tutkimuksessa kehitettyjen ratkaisujen osalta ”Tarjoustoiminnan automaatio” -tasosta ”Myynti- ja toimitusprosessin automaatio” -tasolle. Mahdolliset jatkotutkimus aiheet liittyvät konfiguraatio -ohjautuvan toimitusprosessin laajentamiseen hankintaan ja valmistukseen sekä Valmetilla käyttöönotettavaan Enovia PLM (Product Lifecycle Management) työkalun vaikutukseen konfiguraatio -ohjautuvaan tuoterakenteeseen.

LÄHTEET

Amadori, K., Tarkian, M., Ölvander, J. & Krus, P. 2012. Flexible and robust CAD models for design automation. *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 26, pp. 180-195)

Brière-Côté, A., Rivest, L. & Desrochers, A. 2010. Adaptive generic product structure modelling for design reuse in engineer-to-order products, *Computer Industry*. Vol. 61. s. 53–65.

Cederfeldt, M. & Elgh, F. 2005. Design automation in SMEs-Current state, potential, need and requirements. [Viitattu 29.8.2019]. Saatavissa: https://www.designsociety.org/download-publication/23007/design_automation_in_smes_%E2%80%93current_state_potential_need_and_requirements.

Frank, G., Entner, D., Prante, T., Khachatouri, V. & Schwarz, M. 2014. Towards a Generic Framework of Engineering Design Automation for Creating Complex CAD Models. *International Journal on Advances in Systems and Measurements*, Vol. 7.

Havey, M. 2005. *Essential business process modeling*. e-kirja. Sebastopol, CA: O'Reilly.

Heinrich, R. 2014. *Aligning Business Processes and Information Systems: New Approaches to Continuous Quality Engineering*. Springer Online.

Helenius, Miika. 2019. *Solution Architect, CPQ*. Haastattelu. 13.9.2019.

Huovila, J. 2014. *Modular Way to Operate* sisäinen aineisto.

Jenssen, P., Olofsson, T. & Johnsson, H. 2012. Configuration through the parametrization of building components. *Automation in Construction*, Vol. 23, s. 1-8.

Jiao, J., Simpson, T. & Siddique, Z. 2007. Product family design and platform-based product development: A state-of-the-art review. *Journal of Intelligent Manufacturing*.

Kivinen, Jesse. 2018. *Main User, Rolls, Mechanical Engineering*. Haastattelu. 22.8.2018.

Knowpap v20.0. Paperin valmistus. [verkkotietokanta] VTT. Saatavissa: Valmet Technologies Oy Intranet [Viitattu 10.9.2019]

Martio, A.2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedonhallinta. Kurikka: Kirjapaino Bookcover Oy. 304 s. ISBN 978-952-93-6528-9.

Mäkelä, O. 2015. Integrating business models and knowledge management. Väitöskirja. Aalto Yliopisto. Helsinki.

Mäkelä, O. 2016. Liiketoimintamallien kehittäminen kilpailuedun lähteeksi. Liike-elämän ja johdon konsultit kesäseminaariesitys 2017. [Viitattu 10.9.2019]. Saatavissa: https://www.ljk.fi/wp-content/uploads/2017/02/LJK-kesaseminaari_esitys_Makela.pdf

Niiniaho, Mika. 2019. Senior Masterdata Specialist, ERP Masterdata Management. Haastattelu. 27.9.2019.

Ong, S.K., Xu, Q. & Nee, A. Y. C. 2008. Design Reuse in Product Development Modeling, Analysis and Optimization. Series on Manufacturing Systems and Technology. Vol.4. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Palenius, Timo. 2019. Solution Architect, Mechanical Engineering. Haastattelu 3.10.2019.

Raffaeli, R., Mengoni, M. & Germani, M.2013. Improving the link between computer-assisted design and configuratorion tools for the design of mechanical products. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 27, s. 51-64.

Rainer, R. & Prince, B. 2016. Introduction to Information Systems: supporting and transforming business. e-kirja. Jon Wiley and Sons. 7th Edition.

Shamsuzzoha, A.H.M. & Helo, P. 2012. Development of modular product architecture through information management. The journal of information and knowledge management systems, Vol. 42, nro 2, s. 172-190.

Shamsuzzoha, A.H.M. 2011. Modular product architecture for productivity enhancement. Business Process Management Journal, Vol. 17, Issue 1, s. 21-41.

Silventoinen, A., Denger, A., Lampela, H. & Papinniemi, J. 2014. Challenges of information reuse in customer-oriented engineering networks, *International Journal of Information Management*. Vol. 34, s. 720-732.

The Design Reuse Benchmark Report. 2007. Aberdeen Group Inc. Boston. [viitattu 29.8.2019]. Saatavilla: http://enfinio.com/wp-content/uploads/2014/01/Aberdeen_DesRes_Out_3908.pdf

Timmers, P. 1998. Business Models for Electronic Markets. *Electronic Markets*. Vol. 8. Issue 2. [Viitattu 10.9.2019] Saatavissa: <https://peoi.org/Courses/Coursesen/emarket/Resources/Business%20Models%20for%20Electronic%20Markets.pdf>.

Valmet vuosikatsaus. 2017. [Viitattu 24.8.2018]. Saatavilla: <https://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/annual-reports/2017/valmet-vuosikatsaus-2017.pdf>

Willner, O., Gosling, J. & Schönsleben, P. 2016. Establishing a maturity model for design automation in sales-delivery processes of ETO products. *Computers in Industry*, Vol. 82, s. 57-69.

Österholm, J. & Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. MET-julkaisu nro 21/2001. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. Helsinki.