

# 3D -TYÖYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN CASE-YRITYKSESSÄ

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2010  
Kalle Huovila

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

HUOVILA, KALLE:

3D-suunnittelun kehittäminen case-  
yrityksessä

Suunnittelupainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 45 sivua, 2 liitesivua

Syksy 2010

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö on tehty case-yritykseen. Kyseinen case-yritys on projektitalo, joka toimittaa uniikkeja tuotteita ympäri maailmaa. Projektin suurimmat kustannukset tulevat luonnollisesti suunnittelukustannuksista. Tämän opinnäytetyön idea sai alkunsa harjoittelujakson aikana 2009, kun case-yrityksessä puhuttiin kustannustehokkaasta suunnittelusta. Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään asioita, joilla kyseinen yritys pystyisi kilpailemaan paremmin muun muassa kotimaan markkinoilla halvemmilla suunnittelukustannuksilla.

Yritys käyttää Vertex G4 mekaniikkasuunnitteluohjelmistoa, jolla työpiirustukset tehdään vielä pääosin 2D-muodossa. Tarkoituksena on siirtyä tulevaisuudessa 3D-suunnitteluun, josta yrityksellä ei vielä ole kokemusta. Lisäksi yrityksellä on käytössä M-Files tiedonhallintajärjestelmä, jota henkilöstö ei toistaiseksi osaa sataprosenttisesti hyödyntää. Opinnäytetyön rajaukseksi on annettu case-yrityksen toimesta, ettei lisähankintoja kuitenkaan enää tehdä. Tämän työn tarkoituksena onkin siis tutkia, voidaanko case-yrityksen 3D-suunnittelua kehittää ilman lisähankintoja ja jos voidaan niin millä tavalla?

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on käytetty kvalitatiivista tutkimusta, jossa on pyritty työympäristön havainnointiin, haastatteluihin ja aiheeseen liittyvän kirjallisuuden tutkimiseen. Lisäksi on pyritty konsultoimaan Vertex Systems Oy:tä. Haastatteluiden tuloksena on listattu ongelmia, joita on pyritty ratkaisemaan lisäksi käytännönläheisesti kokeilemalla erilaisia ratkaisuja Vertex G4:lla ja M-Filesilla.

Tutkimuksen tuloksena tässä työssä esitetään ratkaisut tutkimusongelmiin, joilla case-yrityksen 3D-suunnittelua pystytään kehittämään. Ne ovat modulointi, standardisointi ja tiedonhallinta. Opinnäytetyö alkaa tutkimusesittelyllä, jonka jälkeen ongelmienratkaisumenetelmät esitetään teoriatasolla. Lopuksi nämä menetelmät yhdistetään case-yrityksen näkökulmaan.

Avainsanat: kvalitatiivinen tutkimus, 3D-suunnittelu, Vertex G4, M-Files, standardisointi, modulointi, tiedonhallinta

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

HUOVILA, KALLE:

Development of 3D design in a case company

Bachelor's Thesis in Design Oriented Mechatronics, 45 pages, 2 appendixes

Autumn 2010

ABSTRACT

---

This thesis was made for a case-company. The case-company in question is a project house which supplies unique products all over the world. The biggest expenses naturally come from design costs. The idea of this thesis came during practical training in 2009, when designing in a cost efficient way was discussed. This thesis aimed to determine issues on which the case-company could better compete in domestic markets with lower designing costs.

The company uses Vertex G4 mechanical design software on which it makes all technical drawings mostly in 2D form. The purpose was to proceed to 3D design on which the company does not have enough experience. In addition, the case-company uses an M-Files data management system and the staff is yet unable to completely benefit from it in designing. The company did not allow any additional purchases. Therefore, the purpose of this thesis was to research if the 3D designing can be developed without any additional purchases and if so, in what way.

The method used in this thesis was qualitative research, where observations of the working environment, the interviews of employees and the literature relating to the topic were used. In addition, Vertex System Oy was consulted. As a result of the interviews, problems which were pursued to find solutions were listed. In addition, the problems were tried to solve in a practical manner by trying out different solutions with Vertex G4 and M-Files.

As a result of the research, solutions that enable the development of the case-company's 3D design are presented in this thesis. The solutions are modulation, standardization and database management. The thesis starts with introductions of the research and after that the solutions for the problems are presented on a common theoretic level. In the end, these topics are reviewed from the case-company's point of view.

Key words: qualitative research, 3D-design, Vertex G4, M-Files, standardization, modulation, database management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Yleistä	1
1.2	Tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset	2
1.3	Tutkimusmenetelmä ja aineiston kerääminen	2
1.4	Tutkimusongelmat	3
1.5	Tutkimusprosessi ja rakenne	3
2	CASE-YRITYKSEN OHJELMISTO	5
2.1	Vertex G4	5
2.1.1	Vertex G4 -komponentti- ja piirrekirjasto	6
2.1.2	STEP-kääntäjä	8
2.2	M-Files	8
3	SUUNNITELUN KEHITTÄMISEN TEORIAA	10
3.1	Parametrinen suunnittelu ja mallit	10
3.2	Kokoonpanon mallinnusmenetelmät	12
3.2.1	Bottom-up-menetelmä	12
3.2.2	Top-down-menetelmä	13
3.2.3	Skeleton-malli	14
3.3	Modulointi	15
3.3.1	Yleistä	15
3.3.2	Modulaarisen tuotteen suunnitteluprosessi	16
3.4	Modulaariset mallit	18
3.5	Standardisointi	21

4	CASE-YRITYYS	23
4.1	Standardisointi	23
4.1.1	Vakio-osien käyttö	23
4.1.2	Yhteiset nimiketiedot ja tietojen asettaminen	26
4.1.3	Yhteisten toimintapojen luominen ja henkilöstön kouluttaminen	28
4.2	Modulointi	29
4.3	Parametrinen suunnittelu ja skeleton-mallinnus	31
4.4	Suunnitteludokumentaation tekeminen	32
4.4.1	Myyntidokumentit	34
4.4.2	Suunnitteludokumentit	35
4.4.3	Huoltodokumentit	35
4.4.4	Asiakasdokumentit	36
4.5	Tiedonhallinta	37
5	TUTKIMUSTULOKSET	39
6	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	44

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Yleistä

Kilpailun kova kiristyminen maailman markkinoilla on vaikuttanut siihen, että yrityksen tulee pystyä reagoimaan asiakkaiden tarpeisiin entistä nopeammin ja kustannustehokkaammin. Etenkin näinä finanssikriisistä johtuvien lamavuosien aikoina on huomattu, että monet yritykset ovat alkaneet panostaa suunnitteluprosessiensa kehittämiseen hankkiakseen kilpailuetua. Keskeisiä kehittämisen kohteita ovat olleet digitaaliseen suunnitteluun siirryttäessä tiedonhallinnan ja suunnitteluautomaation kehittäminen.

Tämä opinnäytetyö on lähtenyt liikkeelle ollessani harjoittelijana case-yrityksessä kesällä 2009 mekaniikkasuunnittelun osastolla. Tuolloin kahvikeskusteluissa puhuttiin kustannustehokkaasta suunnittelusta, joka antoi kipinän tämän opinnäytetyön tekemiseen. Oli varsin luonnollista tehdä tämä opinnäytetyö, koska se osaltaan tukee työharjoitteluajan tehtyä työtä. Case-yritys on siirtymässä vanhasta 2D-painotteisesta suunnittelusta nykyaikaiseen 3D-mallintamiseen. 3D-mallintamisesta yrityksellä ei juuri ole kokemusta, mikä luo haasteen uusien toimintamallien omaksumiseen niin suunnittelussa kuin tiedonhallinnassakin.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten 3D-työympäristöä voidaan kehittää projektiliiketoimintaa harjoittavassa yrityksessä, joka on siirtymässä 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluun. Yrityksen mukaan lisähankintoja ei olla tekemässä. Vertex G4 -suunnitteluohjelmiston lisäksi yritys käyttää M-Files -dokumenttien ja tiedon hallintajärjestelmää apuvälineenä. Tutkimuksessa pyritään käsittelemään myös niitä ongelmia, joita harjoittelujakson aikana haastatteluissa ilmeni. Opinnäytetyö alkaa tutkimuksen esittelyllä, jonka jälkeen esitetään aiheeseen liittyvää teoriaa sekä lopuksi eritellään avain-asiat 3D-suunnittelun kehittämiseksi.

## 1.2 Tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutustua ulkopuolisen henkilön näkökulmasta case-yrityksen ongelmiin ja selvittää, voidaanko 3D-suunnittelua kehittää ilman lisähankintoja. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda esille keskeiset menetelmät, joita hyödyntämällä yritys pystyy kehittämään omaa suunnittelutoimintaansa.

Tässä tutkimuksessa käsitellään asiat hyvin pintapuolisesti. Tämä on perusteltua sen takia, koska tutkittavat asiakokonaisuudet ovat hyvin laajoja ja voivat paisuttaa opinnäytetyön liian suureksi. Opinnäytetyössä esitetyillä kehitysmenetelmillä on ollut keskeinen rooli lähdeaineistossa ja puhelinkeskusteluissa Vertex Systems:in kanssa ja selkeä yhteys tutkimusongelmiin. Maksullisia lisähankintoja ei tässä opinnäytetyössä käsitellä, koska yritys on selkeästi rajannut, ettei lisähankintoja enää olla tekemässä. Näitä maksullisia lisäosia ovat muun muassa erilaiset laajennukset Vertex G4 -suunnitteluohjelmistoon. Yrityksellä on jo entuudestaan olemassa näitä niin sanottuja lisäoptioita, joita on mahdollisuus käsitellä.

## 1.3 Tutkimusmenetelmä ja aineiston kerääminen

Tutkimusmenetelmäksi on valittu kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivinen tutkimus on Hirsjärven ym. mukaan laadullinen tutkimus, joka on mitattavissa sekä sanallisesti että visuaalisesti (Jalasoja 2003). Tutkimusmenetelmään voidaan sisältää haastatteluja sekä kyselyjä. Tutkimusmenetelmä on valittu osaltaan myös sen takia, koska case-yrityksessä ei ole kokemusta 3D-suunnittelusta, joten aiheeseen liittyvää kirjallisuutta on myös tarkasteltava.

Tietoa on hankittu työympäristön havainnoinnin ja haastatteluiden lisäksi kirjallisuudesta ja Internet-lähteistä, jotka ovat julkisia ja kaikkien saatavissa. Epäviralliset haastattelut on suoritettu case-yrityksen työntekijöiden kanssa pääasiassa kasvotusten ja sähköpostitse työnteon ohessa kesän 2009 harjoittelujakson aikana. Lisäinformaatiota ja konsultointia on hankittu puhelimitse Vertex Systems Oy:n myynnin ja teknisen tuen kautta.

## 1.4 Tutkimusongelmat

Seuraavassa on esitetty opinnäytetyön tutkimusongelmat, jotka ovat johtaneet tämän opinnäytetyön tekemiseen. Ongelmat on jaettu tutkimuksen kannalta keskeisiin ongelmiin ja haastatteluiden kautta esiintyneisiin ongelmiin. Molempiin tapauksiin on tässä opinnäytetyössä pyritty löytämään ratkaisuja, jotka on esitetty myöhemmin.

Tutkimusongelmia olivat tiivistetysti:

- Millä tavalla saadaan kustannustehokasta suunnittelua?
- Millä tavalla parannetaan suunnittelun laatua?

Haastatteluissa esiintyneet ongelmat on esitetty liitteessä 1.

## 1.5 Tutkimusprosessi ja rakenne

Tutkimusta on yrityksen pyynnöstä tehty pääsääntöisesti omalla ajalla. Opinnäytetyön tutkimusprosessi oli kolmevaiheinen:

1. Ensimmäisessä vaiheessa suoritettiin työympäristön havainnointi ja työntekijöiden epäviralliset haastattelut suullisesti. Ensimmäisessä vaiheessa ilmenneitä ongelmia listattiin ja ne on esitettyä liitteessä 1.
2. Toisessa vaiheessa konsultoitin Vertex Systems Oy:tä case-yrityksen järjestelmän kehittämistä ja pyrittiin löytämään keskeiset tutkittavat asiat, joilla on jonkinlainen yhteys myös case-yrityksessä esiintyneisiin ongelmiin.
3. Viimeisessä vaiheessa kerättiin ja tutkittiin lähdeaineistoa ja aloitettiin opinnäytetyön kirjoittaminen.



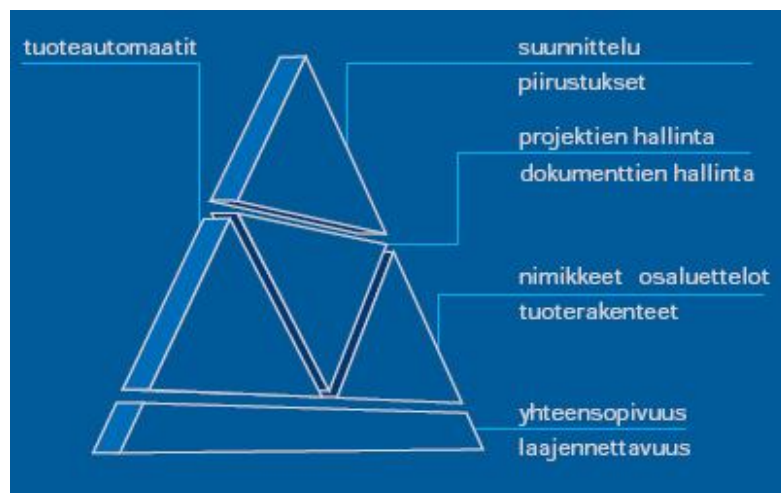
Tutkimuksen rakenne on jaettu kolmeen osaan, johdantoon, teoriaosuuteen ja case-yrityksen näkökulmaan. Johdannossa esitellään opinnäytetyö. Teoriaosuudessa kerrotaan lukijalle 3D-suunnittelun kehitysmenetelmiä. Lopuksi kehitysmenetelmiä tarkastellaan case-yrityksen näkökulmasta.

## 2 CASE-YRITYKSEN OHJELMISTO

Tässä luvussa esitellään case-yrityksen suunnittelutoiminnan kannalta oleellimmat ohjelmat, joita suunnittelija tarvitsee lähes päivittäin työssään.

### 2.1 Vertex G4

Vertex G4 on tamperelaisen Vertex Systems Oy:n kehittämä suomenkielinen 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Nimessä oleva lyhenne G4 viittaa neljännen sukupolven tekniikkaan. Itse ohjelmisto on suunniteltu pääasiassa ammattilaiskäyttöön, ja se soveltuu hyvin 2D- ja 3D-suunnitteluun. Suurena etuna voidaan pitää sen suomenkielisyyttä ja suomalaisen suunnittelutavan tuntemusta. Ohjelma on helposti omaksuttavissa. G4:n valttina ovat myös sen tiedonhallintaominaisuudet, jotka mahdollistavat ohjelmiston helpon laajennettavuuden ja suunnitteluketjujen hallittavuuden. Tietokantoihin perustuvan arkistointijärjestelmän avulla hallitaan projektit sekä 3D-osamalleihin ja -kokoonpanoihin liittyvät tuoterakenteet, materiaalinimikkeet ja piirustukset. (Vertex Systems Oy 2010a.)



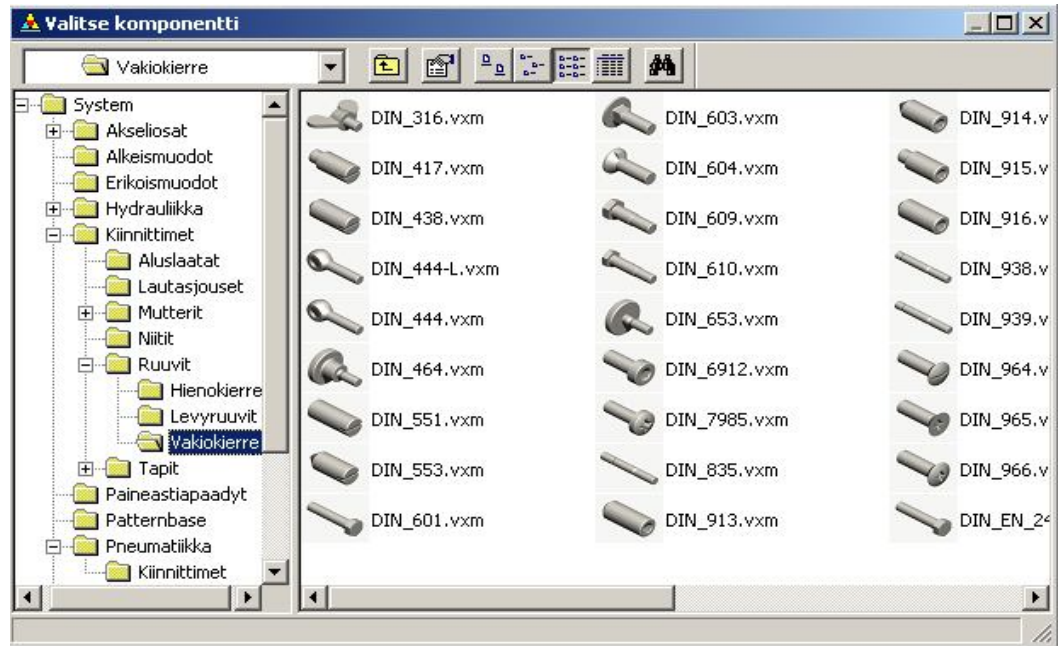
KUVIO 1. Kokonaisuuden hallinta Vertex -kolmion avulla (Vertex Systems Oy 2010b.)

Vertex G4:n avulla suunnitteludokumentaation tekeminen, kertyvän suunnittelutiedon hallinta ja ohjelman kytkeminen muuhun tietojärjestelmään on helppoa. Arkistoidensa avulla se tukee myös työryhmyöskentelyä. (Vertex Systems Oy 2010a) Kuten kuviossa 1 havainnollistetaan, suunnitteludokumentteja ovat muun muassa osaluettelot ja tuoterakenteet. Arkistoja ovat sen sijaan esimerkiksi projekti-, malli-, ja piirustusarkistot. Vertex G4:n lisäksi on saatavilla myös muiden alojen ohjelmistojen suunnittelun apuvälineiksi: hydraulikka-, sähkö-, automaatio- ja laitos-suunnittelu.

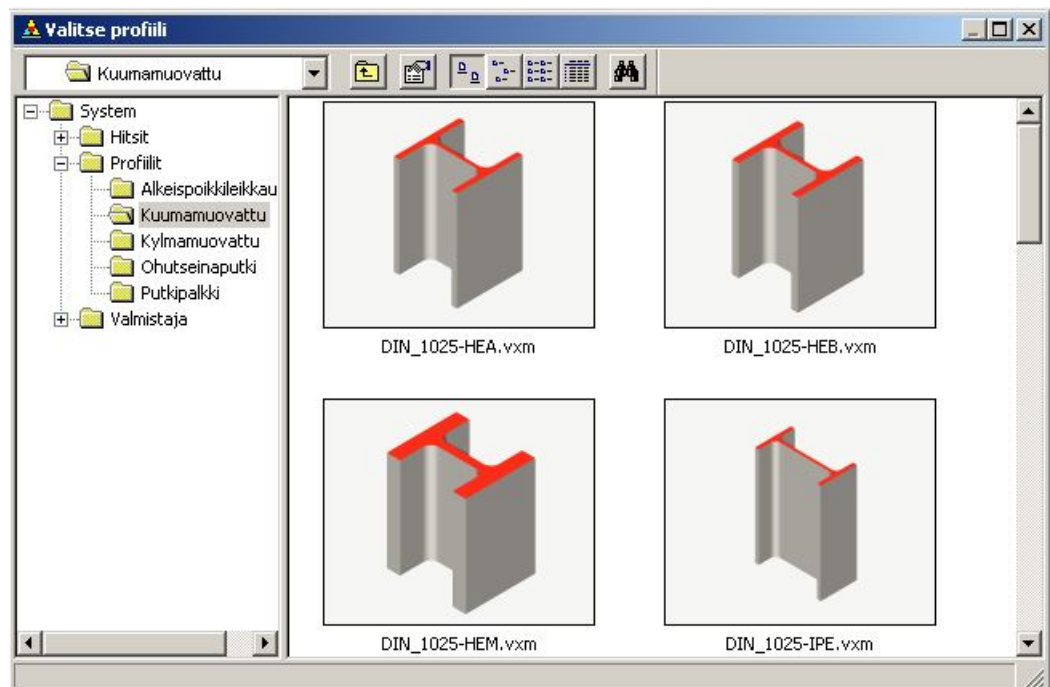
### 2.1.1 Vertex G4 -komponentti- ja piirrekirjasto

Vertex G4:n ongelmana on se, että suunnitteluohjelma rakentuu perusrungosta, jota täydennetään lisäoptioilla kuten esimerkiksi komponenttikirjastolla (G4 Myyntihenkilö 2009.). Lähes poikkeuksetta joudutaan hankkimaan lisäoptioita, jotta suunnittelu tehostuisi. Komponenttikirjasto koostuu erilaisista vakioiduista standardiosista, joita suunnittelija voi itse hyödyntää rakentaessaan kokoonpanoa. Standardiosilla tarkoitetaan tässä tapauksessa erilaisia ruuveja, muttereita, aluslevyjä, putkiosia, joita voidaan olettaa myös saavan lähes jokaisen ”alan” kaupan hyllyltä. Komponentit on sijoitettu omiin kansioihinsa, josta ne haetaan. Standardimerkintä ja selkeät kuvat helpottavat oikean osan etsimistä. Standardeista on kerrottu lisää luvussa 3.5.

Jos komponenttikirjasto-optiota ei ole hankittu suunnitteluohjelmiston mukana, on käytännössä kaikki osat suunniteltava itse. Piirrekirjasto on samanlainen kuin komponenttikirjasto, mutta se koostuu muun muassa valmiista alkeismuodoista, profiileista ja hitsausaumoista. Erona voidaan pitää niiden käyttöperiaatetta, missä komponenttikirjastosta poimitaan tietynkokoinen komponentti, jolla on tietyt oletusmitat. Piirrekirjastossa käyttäjä voi itse päättää kuinka paljon esimerkiksi profiilia luodaan. Seuraavalla sivulla kuvioissa 2 ja 3 esitetään Vertex G4:n komponentti- ja piirrekirjastoa.



KUVIO 2. Vertex G4 -komponenttikirjaston erilaisia standardiosia



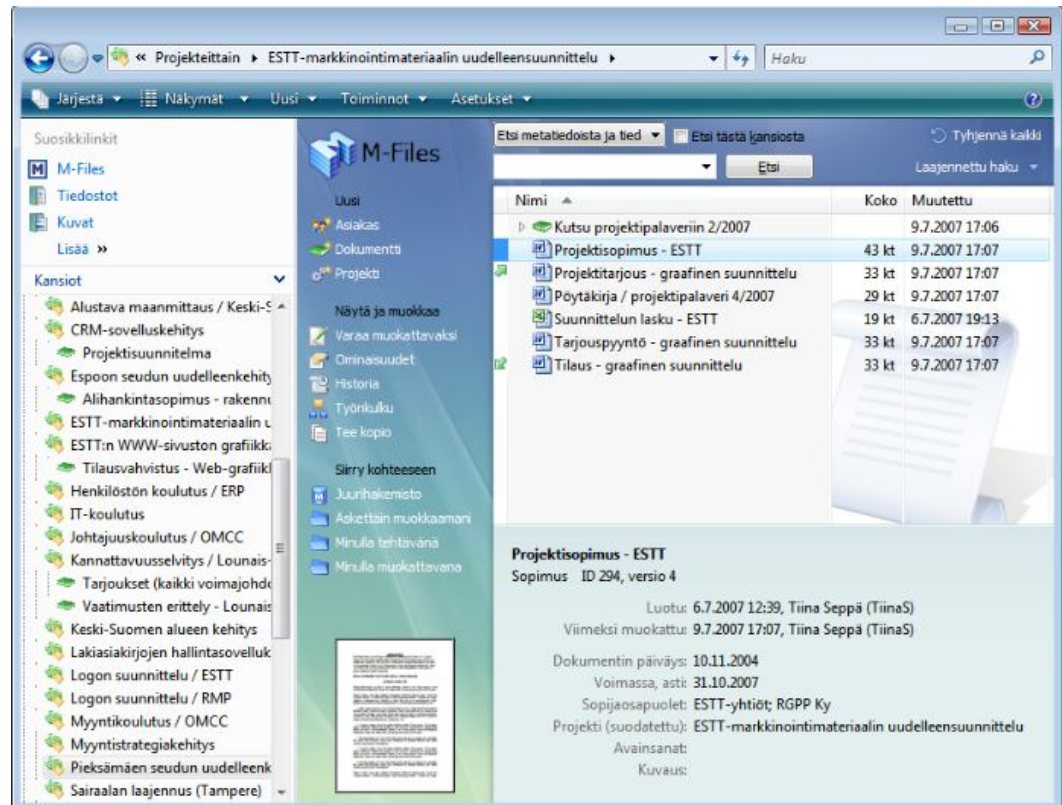
KUVIO 3. Vertex G4 -piirrekirjaston erilaiset profiilipiirteet

### 2.1.2 STEP-kääntäjä

STEP-tiedostomuotoja varten case-yrityksen Vertex G4 on varustettu STEP-kääntäjällä. STEP-tiedostomuoto on tarkoitettu niin sanotuksi puolueettomaksi tiedostotyyppiksi, jolloin 3D-malleja voidaan siirtää eri 3D-suunnitteluohjelmien välillä. Vertex G4:ssa puolestaan tuotetaan yksipuolisia tiedostoja, jotka toimivat vain Vertexillä. STEP-tiedoston etuna voidaan pitää sitä, että se pystyy säilyttämään kokoonpanojen rakenteet ja suunnitteluhistorian. Näin päästään kokoonpanossa oleviin alikokoonpanoihin ja piirrehistoriaan käsiksi.

## 2.2 M-Files

M-Files on sähköinen dokumenttien ja tiedon hallintajärjestelmä, joka integroituu Windows -käyttöjärjestelmän kanssa (kuvio 4). Sen käyttäminen on helppoa lähes kaikille Windowsiin aiemmin tutustuneille. M-Filesiin tuotavat tiedostot sijaitsevat näennäislevyasemalla, joka näkyy Windowsissa omana levyasemana. M-Files perustuu metatietoihin eli kuvauksiin, jotka täytyy aina asettaa tiedostolle, kun se siirretään ohjelman omaan järjestelmään. Metatietojen avulla tiedon etsiminen järjestelmästä helpottuu. Vanhat versiot esimerkiksi piirustuksista säilyvät automaattisesti. Jokaisesta muutoksesta jää kirjaus, joka tallentuu tapahtumahistoriaan. Tapahtumahistorian avulla pystytään lisäksi palaamaan aiempiin dokumenttiversioihin. M-Filesissa tietoja voi selata haluamallaan tavalla määritteitä käyttämällä. (Motive Systems Oy 2010a.)



KUVIO 4. M-Files integroituneena Windows-käyttöjärjestelmän resurssienhallintaan (Motive Systems Oy 2010b.)

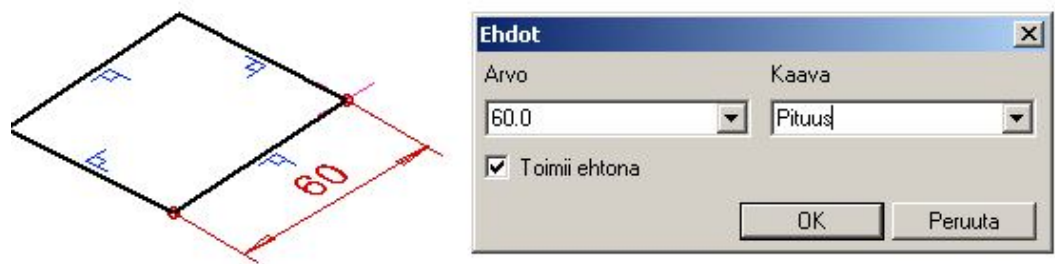
### 3 SUUNNITELUN KEHITTÄMISEN TEORIAA

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksessa esiintyneitä keskeisiä 3D-suunnittelun liittyviä kehityskohteita teoriatasolla.

#### 3.1 Parametrinen suunnittelu ja mallit

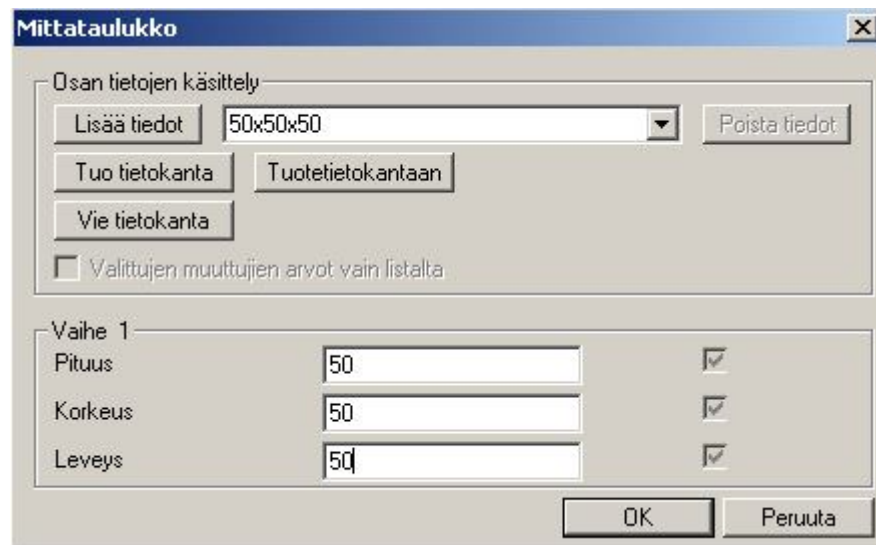
Parametrinen suunnittelu aloitetaan yleensä luonnosteluvaiheella, jossa ensin piirretään kappaleen 2D-muoto halutulle suunnittelutasolle. Tämän jälkeen 2D-muodon, esimerkiksi neliön sivuille, asetetaan parametrit, jonka jälkeen laajennetaan 2D-malli 3D-malliksi esimerkiksi pursottamalla. (Laakko ym. 1998, 57.)

Myös pursotus voidaan parametrisoida. Pursottamisen jälkeen 3D-mallia voidaan muokata Vertex G4 -ohjelmistossa mittataulukon avulla (kuvio 6). Mittataulukko tulostaa lomakkeen, jonka kentät on nimetty käyttäjän antamien parametriarvojen mukaan. Suunnitteluohjelman käyttäjä voi syöttää haluamansa arvot ja piirretty malli muokkautuu automaattisesti. Mallin parametreja voivat olla esimerkiksi nimi, pituus, leveys, korkeus, syvyys, halkaisija, reikien lukumäärä ja kulma.



KUVIO 5. 2D-mallin parametrisointi Vertex G4:n mitoitustyökalulla

Parametriseen malliin määritetyt ehdot ja niiden määritysprosessit tallentuvat tuotteen mallintamisen aikana. Malli on näin muokattavampi ja eri suunnitteluvaihtoehtoja on helpompi tutkia. Mallia voidaan muokata helposti ehtoja eli riippuvuuksia muuttamalla. Parametrisen mallintamisen lisäksi on mahdollista käyttää variatiivista tekniikkaa. (Laakko ym. 1998, 56.)



KUVIO 6. Vertex G4 -mittataulukko, jolla parametreja hallitaan

Parametrisella suunnittelulla pyritään automatisoimaan suunnittelua ja sillä saadaan selvästi parempi tuottavuuskerroin aikaan kuin kokonaan uuden piirustuksen laatimisella (Kaarna 2005.). Asiaa on havainnollistettu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tuottavuuskertoimet erilaisissa tehtävissä

Tehtävä	Tuottavuuskerroin
Uuden piirustuksen laatiminen	0.7...2
Vanhoiden piirustusten muuttaminen	2.5...3
<b>Parametrinen suunnittelu</b>	<b>3...10</b>
Automaattinen suunnittelu	10...30



Parametrisuus helpottaa muutosten tekoa malliin ja sen etuna on ratkaisunopeus. Negatiivisena asiana voidaan pitää elementin koon ja suunnan määrittämistä ennen kuin seuraavaa elementtiä voidaan määrittellä. (Laakko ym. 1998, 58.)

### 3.2 Kokoonpanon mallinnusmenetelmät

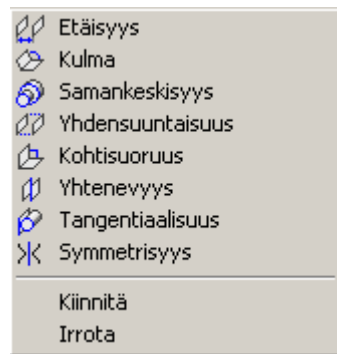
2D-piirtämisestä 3D-mallintamiseen siirryessä suunnittelijan on opeteltava uusia menetelmiä työn suorittamiseksi. Tässä tutkimuksessa ei käsitellä kaikkia mallinnusmenetelmiä sen takia, että lähes jokainen vähänkään 3D-suunnitteluohjelmaa käyttänyt henkilö hallitsee peruseräaatteet mallintamiseen liittyen. Siispä tässä tutkimuksessa käsitellään vain muutamaa yleishyödyllistä menetelmää, joita yhdistelemällä päästään parhaaseen lopputulokseen nopeuttaen jatkossa suunnittelutyön läpivientä.

#### 3.2.1 Bottom-up-menetelmä

Bottom-up-menetelmä on yksi kokoonpanon mallinnusmenetelmä, jossa lähdetään nimensä mukaan alhaalta ylös. Ensin suunnitellaan ja mallinnetaan kaikki kokoonpanoon tulevat komponentit yksitellen. Sen jälkeen muodostetaan alikokoonpanot yhdistelemällä osia. Lopuksi muodostetaan kokoonpano määrittämällä alikokoonpanojen paikat sekä suhteet muihin osiin. (Laakko ym. 1998, 69–70.)

Bottom-up-menetelmä on hyvä silloin, kun osia on jo mallinnettuna eikä tuotetta suunnitella alusta asti. Olemassa olevien komponenttien käyttäminen on kätevää erityisesti tuotteille, jotka kulkevat koko kehitysprosessin läpi. (Laakko ym. 1998, 70.)

Vertex G4 -suunnitteluohjelmalla bottom-up-menetelmässä hyödynnetään arkistoon tai komponenttikirjastoon mallinnettuja vakio-osia lopullisen tuotteen valmistamiseksi. Negatiivisena asiana tämän menetelmän käyttämisessä pidetään kertyvien ehtojen määrää kokoonpanotasolla. Ehdolla tässä tapauksessa tarkoitetaan Vertex G4:ssä kokoonpanossa oleville osille annettuja ehtoja, jotka on esitetty kuvassa 7. Tämä yleensä tarkoittaa lukuisia ylimääräisiä hiiren painalluksia. Lisäksi osien poistaminen kokoonpanossa aiheuttaa yleensä ehtojen uudelleen määrittämisen ja sama työ joudutaan tekemään useampaan kertaan. Positiivisena asiana voidaan pitää sitä, että lopputuotteen luonti voidaan aloittaa heti. (Vertex Systems Oy 2010c.)



KUVIO 7. Vertex G4 -kokoonpanoehtoja

### 3.2.2 Top-down-menetelmä

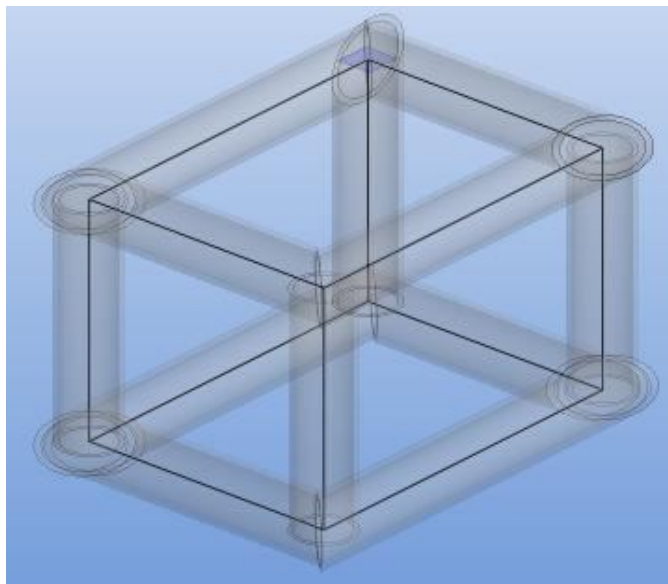
Top-down-menetelmä on periaatteessa vastakkainen mallinnustekniikka bottom-up-menetelmään verrattuna. Menetelmää käytetään pääasiassa mekaanisen tuotteen suunnittelussa. Tässä menetelmässä ensimmäiseksi luonnostellaan kokoonpano, jonka jälkeen se hajotetaan alikokoonpanoiksi ja lopuksi suunnitellaan varsinaiset osat.

Vertex System Oy:n mukaan top-down-menetelmässä alkutyötä ja miettimistä on paljon, ennen kuin näkyvää mallia alkaa syntyä. Top-down menetelmässä kokoonpanotilassa mallinnettavat osat saadaan heti oikeaan toiminta-asentoon. Kokoonpanossa on yleensä ohjaavia osia ja niissä määritetään muiden osien ehdot. Bottom-up menetelmästä poiketen, top-down-menetelmässä ei ehtoja juuri ole eikä osien poistaminen vaadi ehtojen uudelleen määrittämistä. (Vertex Systems Oy 2010c.)

### 3.2.3 Skeleton-malli

Skeleton-malli, jota voidaan myös kutsua jigi-ohjauskäyräksi, soveltuu hyvin Vertex G4:n profiiliosien suunnittelua varten. Tätä menetelmää voidaan pitää eräänlaisena top-down-menetelmänä, koska yleensä joudutaan lähes koko profiili luonnostelemaan ennen kuin voidaan ohjata profiili ohjauskäyrää pitkin. Sillä säästetään valtavasti aikaa ja muutamalla hiiren klikkaukselle profiiliosista koottu runko on kasassa.

Malli siis perustuu luonnosteltuun ohjauskäyrään siten, että ensin esimerkiksi Vertex G4:n kokoonpanossa luodaan uusi osa. Piirretään tasolle ohjauskäyrä, jota pitkin voidaan kulkea kokoonpanopiirteellä, kuten esimerkiksi putkiprofiililla, joka on haettu piirrekirjastosta.



KUVIO 8. Skeleton-menetelmällä tehty yksinkertainen profiilirakenne

Skeleton-malli soveltuu hyvin erilaisten profiilirakenteiden luomiseen, kuten kuviossa 8. Hyviä käyttökohteita ovat muun muassa profiili ja levyrakenteet, portaat sekä erilaiset hoitotasot.

### 3.3 Modulointi

#### 3.3.1 Yleistä

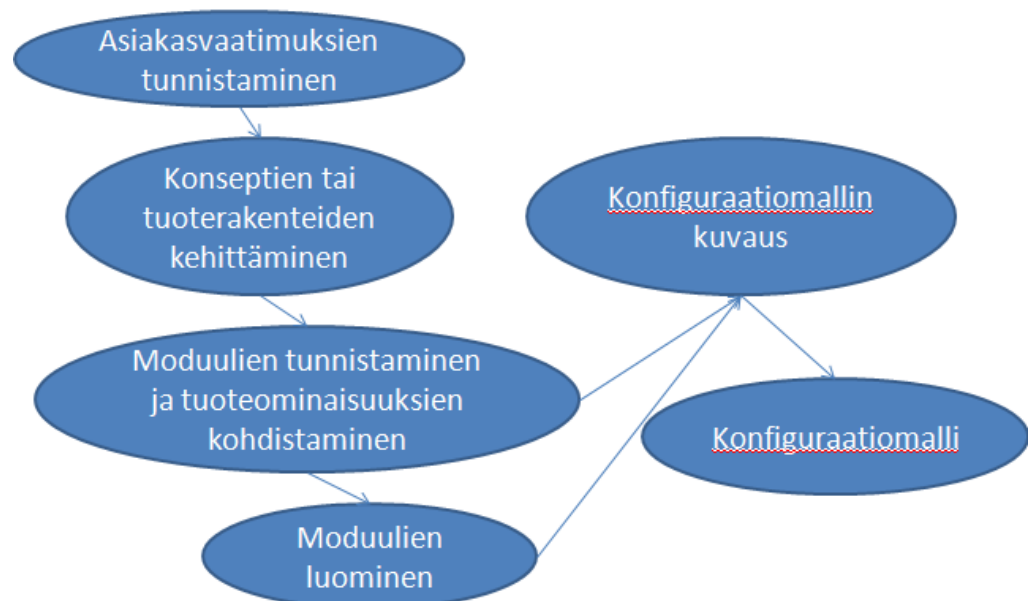
Kun tuotetta moduloidaan, se jaetaan omiin itsenäisiin moduuleihinsa, joille on määritelty selkeät yhtymäkohdat eli rajapinnat. Modulaarinen tuoterakenne antaa yritykselle mahdollisuuden asiakaskohtaiselle muuntelulle eli konfiguroinnille, jolloin esimerkiksi asiakastarpeiden perusteella määritetään tuotteelle ominaisuudet. Moduuli voi olla esimerkiksi 3D-suunnitteluohjelmistolla luotu kokoonpano, joka voi koostua alikokoonpanoista ja muista erillisistä osista. Muun muassa alikokoonpanot voivat olla moduuleja, jotka voidaan irrottaa suuremmasta kokonaisuudesta omaksi moduulikseen. Standardirajapinnat antavat mahdollisuuden kehittää tuotteen modulaarisuutta, jolloin moduulien keskeistä vuorovaikutusta voidaan minimoida. (Ahoniemi, Mertanen, Mäkipää, Sievänen, Suomala & Ruohonen. 2007, 40)

Asiakaskohtainen lopputuote voidaan muunnella eli konfiguroida modulaarisen tuoterakenteen avulla. Koska modulaarisen tuoterakenteen tuotekehitys voidaan kohdistaa tiettyyn osaan tuotteesta standardirajapintojen avulla, erilaisia moduuleja voidaan valmistaa samaan aikaan. Näin uusia tuotevariaatioita saadaan aikaan tehokkaasti. Muutokset tähän tiettyyn moduulin ei myöskään vaikuta muihin moduuleihin. Moduulien elinkaari on usein itsenäinen ja se voi kestää pitempään kuin esimerkiksi tuotealusta, johon se liitetään. Moduuleilla on luontainen jakoperuste tehtävän ja vastualueen mukaan niin suunnittelussa kuin tuotannossa. Ongelmiin ja kehitettäviin asioihin pystytään suuntaamaan moduulikohtaisella tuotannon seurannalla ja laadunvarmistuksella. (Ahoniemi ym. 2007, 40.)

Modulaarisuus on ymmärrettävä suhteelliseksi käsitteeksi. Sen kehittämiseen on varattava aikaa, koska hätäisesti tehty tuoterakenteenjako ei tee tuotteesta modulaarista. Modulaarisuutta voidaan aina kehittää, mutta harvoin tuote on täysin modulaarinen, koska se voi sisältää mekaanisten rajapintojen lisäksi muita järjestelmiä, kuten esimerkiksi sähköjärjestelmiä. (Ahoniemi ym. 2007, 41.)

### 3.3.2 Modulaarisen tuotteen suunnitteluprosessi

Modulaariseen tuotteen suunnitteluprosessi aloitetaan kuvion 9 mukaisesti tuotekonseptin muodostamisella, joka on koottu tunnistetuista asiakastarpeista. Modulointiin liittyvässä tuotekonseptoinnissa linjataan, minkä tuotteen toiminnot ja ominaisuudet halutaan toteuttavan asiakaskohtaisuutta ja millä tavoin. Tuotekonsepti ja sen perusteella muodostuva tuotearkkitehtuuri esittävät valitut varioitavat ominaisuudet. Kyseisen arkkitehtuurin avulla voidaan tarkastella, minkälaisia vaihtoehtoisia kokonaisuuksia voidaan konfiguroida ja etukäteissuunnittelun mukaisesti ilman tilaus-toimitusprosessin aikaista räätälöintitarvetta. Konfigurointimalli, joka voidaan muodostaa tuotearkkitehtuurin ja modulaarisen tuoterakenteen pohjalta, mahdollistaa asiakaskohtaisten tuotekonfiguraatioiden tekemisen vaivattomasti verrattuna täysin räätälöityihin projektituotteisiin. (Ahoniemi ym. 2007, 41.)



KUVIO 9. Modulaarisen tuotteen kehitysprosessi

Toimivassa konfiguraatiomallissa täytyy olla esitettynä valittavissa olevat vaihtoehdot eri optioille, eri moduulien ja optioiden riippuvuussuhteet, toisensa poissulkevat optiovalinnat ja mallin muut mahdolliset rajoitteet. Se, toteutetaanko varsinainen tuotteen määrittely myyntitilanteessa sitä varten kehitetyllä konfiguraattorilla vai esimerkiksi perinteiseen tuotekatalogiin perustuen valintalistan avulla, on myös hyvin yrityskohtaista. (Ahoniemi ym. 2007, 41.)

Ahoniemen ym. (2007) mukaan asiakas ei ole kiinnostunut mahdollisten tuotevarianttien lukumäärästä tai siitä, kuinka monipuolisesti tuotetta on tarjolla, vaan haluaa sopivan tuotteen mahdollisimman vaivattomasti. Jos vaihtoehtoja on liikaa, tilauksen tekeminen on monimutkaista. Suunnittelun tulisi alkaa huolellisesti asiakastarpeiden analysoinnista, jolloin jo sen alkuvaiheessa tulisi olla riittävästi tietoa asiakasvaatimuksista ja siten perusteita valita, mitkä tuoteominaisuudet halutaan myynnin ja valmistuksen kannalta pitää vakioituina ja mitkä varioituvina. (Ahoniemi ym. 2007, 42.)

Modulointiprosessissa tuote jaetaan ensin toimintoihin. Kun toiminnot ovat selvät, pohditaan, mitä ominaisuuksia toiminnon sisällä on vai onko sitä lainkaan. Kun vaihtoehtojen määrän tarve on selvillä, mietitään, miten tuote jaetaan moduuleiksi. Tuotekonseptin muodostamisen jälkeen tuoterakennetta moduloidaan mahdollisuuksien mukaan. Teoreettisessa tavoitetilanteessa jokainen moduuli toteuttaa tietyn toiminnon tai ominaisuuden (Ahoniemi ym. 2007, 43.). Suunnittelussa suurin ongelma on se, että suunnittelijat rupeavat liian nopeasti mallintamaan uutta tuotetta, kun pitäisi myynnin kanssa yhdessä suunnitella tuoterakenteen muuttujat ja yhteiset pelisäännöt.

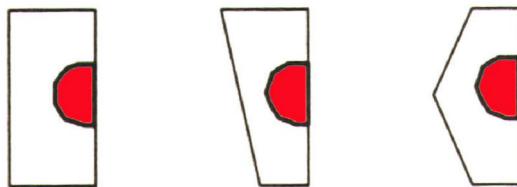
Moduulit luokitellaan yleensä perus- ja valinnaisiin moduuleihin. Perusmoduulit ovat jokaisessa tuoteperheen tuotteessa. Niistä muodostuu tällöin tuotealusta. Perusmoduulien suunnittelun on varattava riittävästi aikaa. Tavoitteena tulisi olla sellainen tuotealusta perusmoduuleja hyväksi käyttäen, ettei jälkikäteen tarvitsisi enää tehdä muutoksia. Muutosten varalle on laadittava toimintaohjeet, joissa määritellään syyt, milloin tuotealustaa on kehitettävä.

Valinnaiset moduulit ovat asiakkaan valittavissa olevia lisäosia. Itse tuote ei ole riippuvainen lisäosista, vaan se pystyy toimimaan perusmoduulien avulla. Valinnaisten moduulien tapauksessakin oleellista on, että tuotealusta on hyvin suunniteltu. Tämän jälkeen valinnaisia moduuleja voidaan helposti lisätä plug-n-play -periaatteella. Vakioitujen rajapintojen ansioista valinnaiset moduulit voidaan lisätä myöhemminkin tuotteeseen. Standardirajapinnoilla on iso merkitys siinä vaiheessa kun asiakkaalle tarvitaan tehdä moduulikohtainen räätälöinti. Modulaarisen tuotteen tuotealustojen suunnittelu on pitkä prosessi, johon koko yrityksen tulisi osallistua.

Tuotealustan tulisi tuotannon ja suunnittelun tehokkuuden kannalta olla eri vaihtoehtoinen mahdollisimman standardi. Kun moduulien suunnittelun varataan riittävästi resursseja, tuotealusta voivat olla käytössä useita vuosia. Asiakasvaatimuksia ja -tarpeita tulisi tämän takia pystyä ennakoimaan. Moduulien elinkaaren aikainen tuki on usein tuotantoaikaan pitempi.

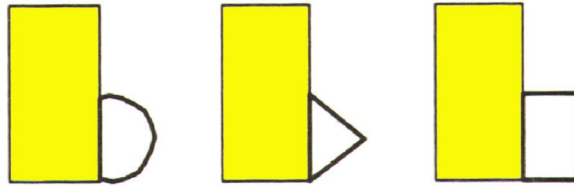
### 3.4 Modulaariset mallit

Moduulien yhteiskäyttöisyydessä (Component Sharing Modularity) on erilaisiin tuotteisiin ja palveluihin liitetty rajattu määrä peruskomponentteja. Menetelmää käytetään yleisesti, kun malleissa tarjottujen vaihtoehtojen määrää halutaan vähentää. (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.) Kuten kuviossa 10 havainnollistetaan, sama punainen peruskomponentti esiintyy erilaisissa osissa.



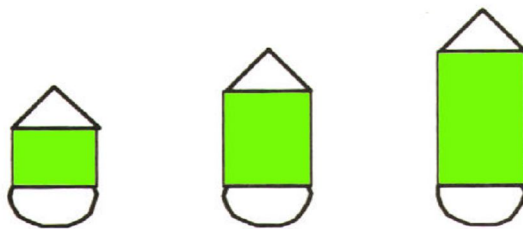
KUVIO 10. Moduulien yhteiskäyttöisyys (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)

Moduulien vaihtokelpoisuudessa (Component Swapping Modularity) vähintään kaksi moduulia on vaihdettavissa samaan perusyksikköön ja näistä muodostuu samaan tuoteperheeseen kuuluvia tuotteita (Kerkkänen 2009.). Kuten kuviossa 11 nähdään, rajattuihin keltaisiin moduuleihin on lisätty erilaisia lisäkomponentteja, jotka voivat myös olla erillisiä moduuleja.



KUVIO 11. Moduulien vaihtokelpoisuus (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)

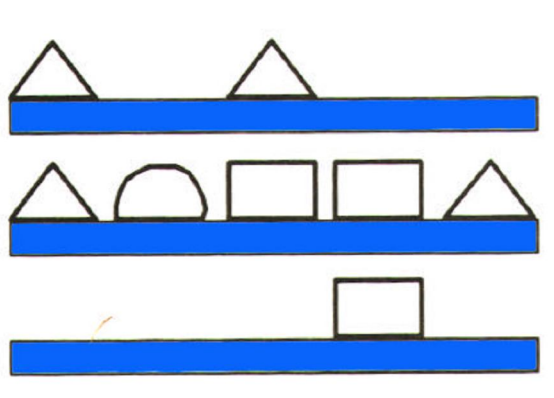
Parametrisella modulaarisuudella (Cut-to-fit modularity/fabricate-to-fit modularity) on määriteltyjen rajapintojen sisällä muuttuva osakomponentti ja siihen liitetyt osat ovat modulaarisia. Modulaarisessa rakenteessa, joka on myös parametrinen, ratkaisut ovat joustavia, koska tuote saadaan nopeasti loppukäyttäjän haluamiin mittoihin. Standardisoidut osat liitetään muunneltavaan runkoon. Kun tuotteen joustavuus on tärkeää, parametrinen modulaarisuus on paras ratkaisu (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.). Menetelmää havainnollistettu kuviossa 12.



KUVIO 12. Parametrinen modulaarisuus (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)

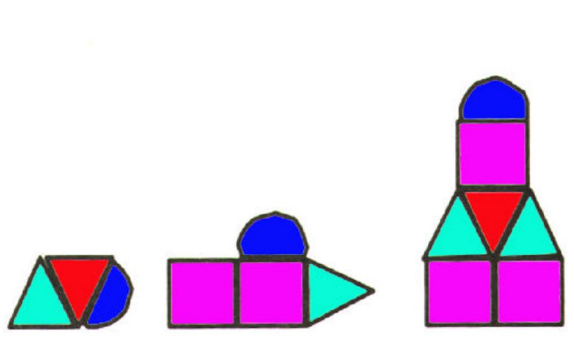


Väylämodulaarisuudessa on määritelty tuotealusta, johon muut modulaariset tuotteet ovat liitettävissä. Kuten kuviossa 13 voidaan nähdä, väylämodulaarisuus soveltuu toistuvan perusrakenteen täydentämiseen ja variointiin käyttäjän tarpeiden mukaan. Perusrungon määrittely on sekä tarkkaa että vaikeaa ja tarvittavan räätälöinnin laatu täytyy tuntea hyvin, jotta voidaan määrittellä tehokas alusta. (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)



KUVIO 13. Väylämodulaarisuus (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)

Rakennuslohkomodulaarisuus (kuvio 14) on määriteltyyn rajapintaan perustuva malli, jossa itsenäiset modulaariset tuotteet muodostavat itse lopputuotteen. Lopputuote on osien summa, eikä siinä ole säännöllistä tuotealustaa. Tämä mahdollistaa suurimman massaräätälöintiratkaisujen määrän. (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)



KUVIO 14. Rakennuslohkomodulaarisuus (Arkkitehtitoimisto Suominen Ky 2010.)

### 3.5 Standardisointi

Standardisoinnilla pyritään yhteisten toimintatapojen laatimiseen ja ne ovat luotu helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Standardisointi auttaa lisäämään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta. Lisäksi sillä suojellaan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpotetaan niin kotimaista kuin kansainvälistä kauppaa (SFS - Suomen Standardisoimisliitto 2009.). Standardituote on kerralla valmistettava kokonaisuus, jonka mahdolliset variaatiot saadaan aikaan standarditarvikkeita tai -komponentteja käyttämällä. Yritysstandardi on hyvä keino hallita rutiinitason asiat ja osto-osat. (Rosti 2009.) Kuviossa 15 on esitetty erilaisia standardilajeja.

Standardisointi voidaan jakaa Rostin (2009) mukaan seuraaviin kohteisiin:

- materiaalit ja tarvikkeet
- komponentit, osto-osat
- settiosat, joita käytetään vakioina tuotekoonnissa
- tuotteet ja osat joista moduulit kasataan

#### Standardien lajeja

- **Perusstandardit**  
Mittayksiköt, käsitteet, tunnuksat ja merkit
- **Tuotestandardit**  
Määritellään vaatimukset, jotka tuotteen tai tuoteryhmän on täytettävä sopiakseen tarkoitukseensa. Vaatimukset voivat koskea mittoja, rakennetta, koostumusta, kestävyyttä ja turvallisuutta
- **Menetelmästandardit**  
Yksityiskohtaisia ohjeita tuotantoprosesseista ja raaka-aineiden sekä komponenttien ominaisuuksista
- **Palvelustandardit**  
Määritellään vaatimukset, jotka palvelun on täytettävä tarkoitukseen sopivuuden varmistamiseksi
- **Turvallisuusstandardit**  
Pyritään takamaan tuotteenturvallisuus sekä ihmiselle että koko ympäristölle
- **Sanastostandardit**  
Käsitteiden määritelmiä sekä niitä täydentäviä selityksiä, kuvia ja esimerkkejä
- **Testausstandardit**  
Määritelmiä tuotteiden testausmenetelmistä

KUVIO 15. Erilaisia standardilajeja (SFS - Suomen Standardisoimisliitto 2009.)

Standardisoinnilla pyritään samojen materiaalien, osien ja komponenttien käyttöön erilaisissa tuotteissa. Komponentilla tarkoitetaan tässä tapauksessa osaa tai jopa alikokoonpanoa. Hyviä esimerkkejä ovat muun muassa piirilevy ja kuljetinrunko. Standardisointi ei tarkoita aina pelkästään tuotteen määrittelyä vaan myös erilaiset valmistusmenetelmät, työkalut ja kappaleiden muodot voivat olla standardisoinnin kohteena. Tällöin on luotu suunnittelusäännöt valmistuksen tarpeita ajatellen (Rosti 2009.). Tuotteen standardisointi voi kohdistua esimerkiksi tuotteessa käytettävien ruuvien kokoon. Rostin (2009) mukaan olisikin hyvä, että ruuvit olisivat yksittäisessä moduulissa ja tuoteperheessä samankokoisia, mikäli niitä tarvitsee käyttää.

Yritysstandardisointi perustuu nykyään paljolti kansainvälisen standardisointityön seuraamiseen ja sen soveltamiseen yrityksen omaan toimintaan. Näitä standardeja hyväksi käyttämällä yritys pystyy kehittämään tuotevalikoimaansa, toimintaansa ja tuottavuutta. Standardeja laativien työryhmien toimintaan osallistuminen auttaa seuraamaan teknistä kehitystä ja luo vakiintuneita yhteyksiä alan muihin yrityksiin, viranomaisiin ja tutkimuslaitoksiin. Yrityksen tuotteen kannattaa sopeuttaa ja hyvässä ajoin tuleviin normeihin, koska poikkeava tuote usein voi jäädä markkinoiden ulkopuolelle. (SFS - Suomen Standardisointiliitto 2009.)

## 4 CASE-YRITYS

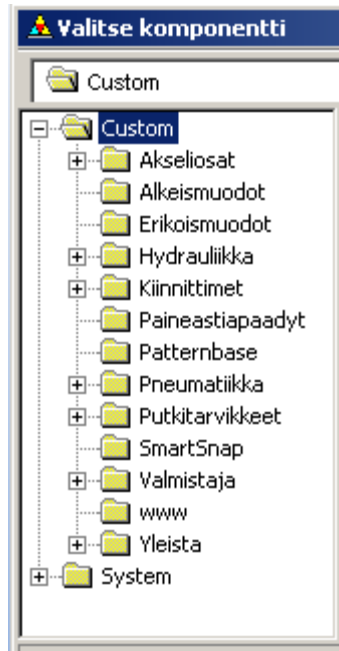
Tässä luvussa esitetään ratkaisuja case-yrityksen ongelmiin. Ratkaisut on esitetty hyvin pintapuolisesti, sillä niistä jokainen on aiheena riittävän laaja omaksi tutkimukseksi.

### 4.1 Standardisointi

#### 4.1.1 Vakio-osien käyttö

Helpoin tapa säästää aikaa 3D-suunnittelussa on käyttää valmiiksi mallinnettuja vakio-osia sen sijaan, että jokaisessa projektissa joudutaan käyttämään erilaisia osia. Kuten aiemmin teoriaosuudessa jo kerrottiin, Vertex G4:ssä vakio-osia hyödynnetään komponentti- ja piirrekirjaston avulla. Molemmat kirjastot on hyvä räätälöidä yritykselle sen tarpeiden mukaan sopivaksi esimerkiksi lisäämällä ja poistamalla sellaisia komponentteja, joita hyvin vähän projekteissa tarvitaan. Mitä tekee tuotteella, jota ei edes ole hyllyssä?

Valmiita kirjastoja Vertex G4:ssä ei kannata tietenkään kokonaan poistaa, vaan sieltä voidaan siirtää tarvittavat yksittäiset komponentit Vertexin kotihakemistossa olevaan shared tai custom-kansioon, jotka on tarkoitettu käyttäjän omaa räätälöintiä varten. Siirtämisessä valitaan näistä vaihtoehdoista mieluiten jälkimmäinen, koska shared -kansioon tallentuvat ohjelman käytön aikana syntyneet dokumentit. Kun Vertex G4 käynnistetään uudelleen, näkyy kyseinen shared tai custom-kansio komponenttikirjastossa, kuten kuviossa 16, mikäli se sisältää tietoa.



KUVIO 16. Komponenttikirjasto custom-kansiossa

Jos vakio-osia on hyvin vähän, on syytä miettiä, onko case-yrityksessä järkevää maksaa Vertex G4:n komponenttikirjasto-lisäoptiosta. Komponenttikirjasto voidaan toki toteuttaa muullakin tavalla, kuten esimerkiksi luomalla arkistoon 3D-projekti komponentteja varten. Haittapuolena tämän tapaisessa menettelyssä on se, etteivät osat ole sen jälkeen yhtä nopeasti ja helposti saatavilla.

Ylimääräistä mallintamista on aina syytä välttää, sillä kokeneemmaltakin 3D-suunnittelijalta se vie paljon ylimääräistä aikaa. Osien mallintamiset näkyvät suoraan hukkatunteina ja lisäkustannuksina yritykselle. Suunnittelijan on hyvä tietää, että Internet on täynnä valmiiksi mallinnettuja osia, jotka saadaan helposti ladattua koneelle. Useilla tuotevalmistajilla on olemassa kotisivuillaan tuotekonfiguraattori tai kirjasto, josta on mahdollisuus ladata 2D-piirrustuksia ja 3D-malleja eri tiedostomuodoissa koneelle. Vertexin komponenttikirjastossa on www-kansio, jota voidaan käyttää nettikirjastojen tallentamista varten.

Suosittelavaa on käyttää STEP-muodossa olevia 3D-malleja, koska näin myös päästään usein mallinnetun osan suunnitteluhistoriaan käsiksi, mikä helpottaa 3D-mallin muokattavuutta. Kun osia tuodaan Vertexin ulkopuolelta, ne on hyvä tallentaa Vertex G4:n omaan tiedostomuotoon mahdollisten yhteensopivuusongelmien välttämiseksi. Mikäli asiakas tai alihankkija tarvitsee 3D-mallia, siitä kannattaa tehdä Vertex G4:llä kevytmalli, joka on yksi yhtenäinen osa ilman piirrehistoriaa. Siirtomuotona 3D-malleilla edelleen kannattaa käyttää STEP-muotoa, koska se avautuu lähes jokaisessa 3D-suunnitteluohjelmassa. 2D-puolella tulisi vastaavasti suosia dwg-tiedostomuotoa, koska se on AutoCad-lähtöinen dokumentti, joka on standardisoitu ja toimii jokaisessa suunnitteluohjelmassa.

Usein ne mallit, joita tuodaan muualta Vertex G4-ympäristöön, eivät sisällä Vertex G4:n komponenttikirjaston tuotteille ominaista variatiivisuutta, eli esimerkiksi mutterin kokoa ei voida vaihtaa käyttämällä yhtä 3D-mallia, vaan jokaiselle koolle on mallinnettava oma 3D-mallinsa. Komponentit pitää pahimmassa mahdollisessa tapauksessa mallintaa itse ja komponenttien määrä kasvaa kirjastossa. Suunnittelu hidastuu ja siihen liittyvät kustannukset nousevat.

On selvää, että varsinkin projektitaloissa kirjaston koko tulee kasvamaan vuosien kuluessa uusien komponenttilisäyksien ja variaatioiden määrän takia ja näin ollen sen ylläpitäminen voi muuttua haastavaksi ja aikaa vieväksi toiminnaksi. Komponenttikirjaston ylläpidosta ja osien tietojen ajantasaisuudesta tulisi vastata tämän takia useamman henkilön.

Vakio-osien käytön tulisi olla yrityksessä yhteinen päämäärä, sillä sen vaikutukset eivät kohdistu pelkästään suunnitteluun vaan myös koko yrityksen toimintaan aina myynnistä huoltoon asti. Vakio-osien käyttö edellyttää tiivistä yhteistyötä case-yrityksessä myynti-, suunnittelu- ja huolto-osastojen välillä, jotta paras mahdollinen komponenttivalikoima pystyttäisiin kartoittamaan.

#### 4.1.2 Yhteiset nimiketiedot ja tietojen asettaminen

Harjoittelujakson aikana oli jo huomattavissa, että erilaisista osista ja kokonaisuuksista käytettiin eri piirustuksissa paljon vaihtelevia nimityksiä. Lisäksi piirustusten tiedot olivat useasti puutteellisia ja M-Files-järjestelmään tuotujen dokumenttien metatietoja oli asetettu huolimattomasti. Tietojen puuttumisen tai väärän nimeämisen takia ongelma konkretisoituu varsinkin asiakasdokumentointia tehdessä, jolloin työaikaa kuluu turhaan pelkkään oikean tiedon löytämiseen niin M-Filesista kuin Vertex G4-tietokannasta.

Nimikkeistä tulee olla yhteinen sopimus yhdessä myyntimiehen ja suunnittelijan kanssa. Myyntiosaston henkilökunta ei saa puhua samasta kokonaisuudesta tai osasta eri nimellä kuin suunnittelupuolen henkilökunta. Ennemmin tai myöhemmin jokainen alkaa puhua kyseisestä osasta eri nimellä ja täyttää dokumentin tiedot Vertexissä tai M-Filesissa väärin. Lopulta kukaan ei osaa löytää tietoa järjestelmästä. Kun nimikkeet ovat myyjän ja suunnittelijan tiedossa, tiedonhallinta helpottuu.

Vertex G4:ssä tiedonhaun apuvälineenä käytetään kuvion 17 mukaista lomaketta, jolla tietoa etsitään Vertexin omasta arkistotietokannasta. Tiedonhaun tärkeimmät ominaisuudet ovat tässä tapauksessa pää- ja alaryhmä sekä luokite. Esimerkkitapauksia on esitetty kuvioissa 18 ja 19, joilla case-yritys pystyy lokeroimaan dokumentit suurempien kokonaisuuksien alle, jolloin tiedot ovat helpommin löydettävissä. Pääryhmä voi olla esimerkiksi yksittäinen tuotekokonaisuus ja alaryhmä sen eri variaatiot. Ryhmien ja luokitteiden asetteluun on monia eri tapoja, mutta tärkeintä on kuitenkin ymmärtää se, että tietojen pitää olla mahdollisimman nopeasti saatavissa.

**Hakutiedot** Tiedosto Muokkaa Linkit Näytä

Arvohaku | Rajahaku

Piir\_numero  Avaa  Versio  Nimike

Suunnittelija  Tuote  Kuvaus   
 Tarkastanut  Liittyy  Kuvaus 2   
 Hyväksynyt  Projekti  Kuvaus 3   
 Edellinen  Yleistoleranssi   
 Uusi

Luokite  Pääryhmä  Selaus  Listalla  
 Kortteja selaamalla  
 Kuvallisesti  
 Alaryhmä

OK Peruuta

KUVIO 17. Hakulomake piirustuksille

Luokite  Pääryhmä   
 Alaryhmä

KUVA 18. Tietojen hakemista ryhmien ja luokitteen avulla

Luokite  Pääryhmä   
 Alaryhmä

KUVIO 19. Tapaus 2



Kun M-Files toimii rajapintana yrityksessä eri osastojen välillä, olisi syytä myös hyödyntää samaa käytäntöä metatietojen asettelussa, kun M-Filesiin tuodaan tiedostoja. Näin saadaan luotua omaa yhteistä yritysstandardia tietojen asettamiselle ja se tulee tehostamaan niin suunnittelua kuin muitakin toimintoja.

#### 4.1.3 Yhteisten toimintapojen luominen ja henkilöstön kouluttaminen

Kuten epävirallisten haastatteluiden tuloksista voidaan nähdä, jotka tehtiin harjoittelujakson aikana case-yrityksessä (liite 1), voidaan pitää selvänä asiana, että ohjeistusta tarvitaan. Yhteisten toimintatapojen luominen on vasta-alkavassa 3D-työympäristössä erittäin tärkeää. Kun rekrytoidaan uusia työntekijöitä taloon, on työhön perehdyttäminen helpompaa, kun yrityksellä on yhteiset pelisäännöt selvillä, toimintapa tiedossa ja kaikki näihin liittyvä tietysti dokumentoituna.

Case-yritykseen olisikin syytä luoda hyvät käyttö- ja toimintaohjeet 3D-suunnitteluun, dokumentointiin ja tiedonhallintaan liittyen, jossa käydään läpi vaihe vaiheelta projektiprosessi ja kuinka kussakin vaiheessa tulisi suunnittelijan toimia. Näin yritys luo itselleen omaa yritysstandardia. Ohjeistuksen tuloksena suunnittelun laatu paranee ja läpimenoajat lyhenevät.

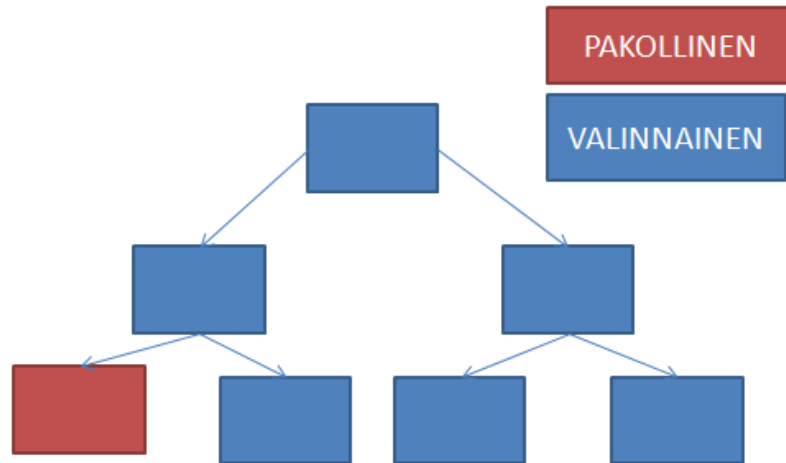
Ohjeistukset tulisi luoda nimenomaan 3D-puolelle liitteessä 2 olevia kysymyksiä apuna käyttäen. Esimerkiksi sähköiseen dokumenttien ja tiedonhallinta järjestelmään (M-Files) voidaan luoda ohjeille oma kansio, joka on aina kaikkien yrityksen työntekijöiden saatavilla.

## 4.2 Modulointi

Kuten jo aiemmin luvussa 1.1 on mainittu, kilpailun kiristyminen on yksi suuri tekijä, joka pakottaa insinööritoimistot miettimään suunnittelutapoja, joilla pystytään alentamaan tuotteiden aiheuttamia kustannuksia. Koska suunnitteluautomaatteja ei vielä olla case-yritykseen hankkimassa ja tarvetta olisi tehostaa suunnittelua, on modulointi hyvä vaihtoehto. Välitöntä hyötyä moduloinnilla harvoin kuitenkaan saavutetaan, ja siksi modulointiin ryhtyvän yrityksen on syytä tiedostaa se, että tuoteperheen modulointi on pitkä prosessi, josta saatava hyöty tulee vasta myöhemmin. Hätiköinnistä on yleensä haittaa. Lisäksi, kun muistetaan hyödyntää parametrisia malleja moduloinnissa, rahallinen hyöty tulee olemaan vieläkin suurempi.

On suositeltavaa, että case-yritys tutustuisi MFD-menetelmään (Modular Function Deployment). Se on hyvin järjestelmällinen modulointimenetelmä, jossa vaihe vaiheelta siirrytään eteenpäin. Modulointi lähtee liikkeelle siitä, että yrityksen on oltava selvillä asiakkaiden tarpeista ja markkinoista, joissa se haluaa toimintaansa toteuttaa. Apuna voidaan käyttää vanhoja projekteja, asiakaskyselyä ja markkinatutkimusta. Näistä saadaan tuotteelle suunnitteluvaatimukset sekä tuoteominaisuudet, joista muodostetaan matriisitaulukko. Tätä matriisia kutsutaan QFD-matriisiksi (Quality Function Deployment). (Österholm & Tuokko. 2001, 19–20.)

Kyseisen matriisin tarkoituksena on hahmottaa, mitä vaatimuksia ja ominaisuuksia yrityksen on otettava huomioon suunnittelussa. Tämän jälkeen tehdään toimintanalyysi, joka tarjoaa teknisemmän näkökulman. Tällä menettelytavalla pyritään siihen, etteivät erilaiset toiminnot olisi riippuvaisia toisistaan. Toimintanalyysi voidaan luoda toimintokaaviona. Kaaviosta ilmenee, mikä osa tekee mitäkin toimintoa. Kuviossa 20 esitetään karkeasti toimintakaaviomalli, jossa käyttäjä voi itse valita valinnaiset ja pakolliset toiminnot.



KUVIO 20. Toimintakaavio, jossa valitaan pakolliset ja valinnaiset toiminnot

Luonnollisesti aina ei löydetä yhtä ratkaisua, vaan eri ratkaisuja on vielä vertailtava. Vertailuun on kehitetty Pughin valintamatriisi (taulukko 2), jossa verrataan edellä mainittuja ratkaisuja hyvä, huonompi, yhtä hyvä -periaatteella. (Österholm & Tuokko. 2001, 24.)

TAULUKKO 2. Esimerkki Pughin valintamatriisista

	Hinta	Laatu	Luotettavuus			
Lada	+	-	+		+3	0
Audi	-	+	=		+1	-2

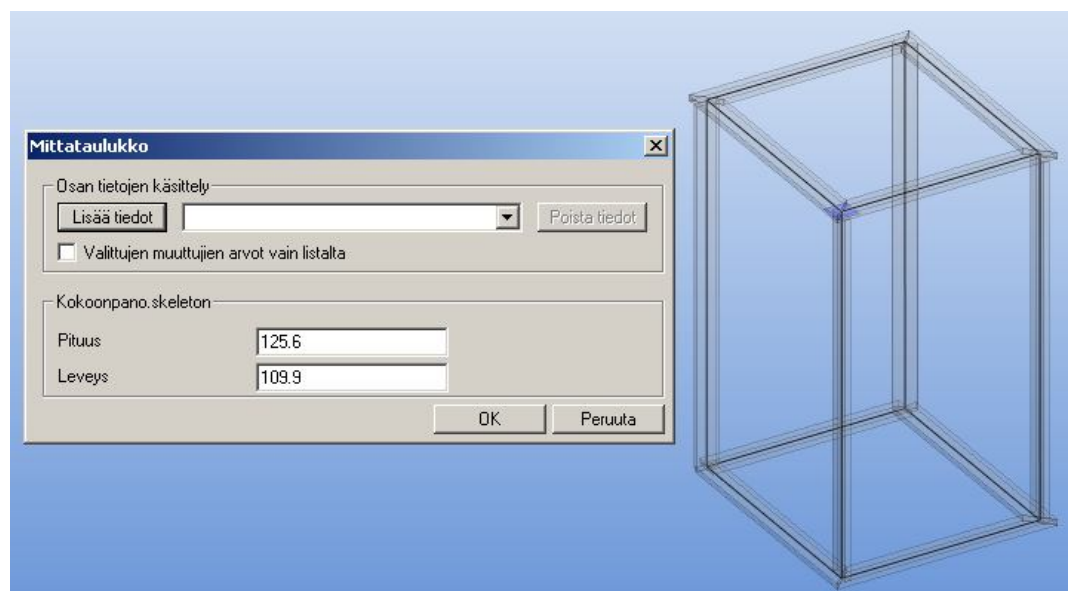
Itse moduulien muodostamiseen käytetään osoitusmatriisia (MIM), jossa sijoitetaan yrityksen strategiaan perustuvat modulointia ohjaavat tekijät ja lisäksi moduloitavat tekniset ratkaisut. Matriisi antaa suunnittelijalle vihiä, mitkä ratkaisut soveltuisivat parhaiten yhteen ja näin ollen muodostaisivat moduulin. (Österholm & Tuokko 2001, 25–26.)

Neljännessä vaiheessa arvioidaan muodostetut konseptit. Arviointi kohdistetaan moduulien rajapintoihin. Lopuksi voidaan suunnitella ja parantaa matriisista saatuja moduuleja. Viimeisessä vaiheessa lähinnä hienosäädetään moduuleita ja määritellään moduulin tiedot. (Österholm & Tuokko 2001, 30–31, 37.)

### 4.3 Parametrinen suunnittelu ja skeleton-mallinnus

Parametrisuutta on standardisoinnin ohella hyvä hyödyntää sellaisissa rakenteissa, jotka toistuvat eri projekteissa. Ero on yleensä mallin koossa, joka voi olla esimerkiksi skeleton-tekniikkaan perustava profiilirakenne tai esimerkiksi erilaisista putkiosista kasattu kokoonpano. Kuviossa 21 on esitetty esimerkki parametrisesta skeleton-rakenteesta, jota ohjataan Vertex G4:n mittataulukolla. Kun tuotetta muutetaan parametrisuutta hyödyntämällä, on suositeltavaa, että mallit tallennetaan uudeksi osaksi Vertex G4:ssä. Tämän jälkeen ei tarvitse pelätä, että parametrista mallia muokatessa mittataulukolla mallit muokkautuisivat myös muiden projektien alaisuudessa, joissa samaa parametrista mallia on käytetty.

Yrityksen on lähdettävä parametrisessa suunnittelussa liikkeelle siitä, että hahmotellaan ja tunnistetaan mallin muotoon vaikuttavat muuttujat. Muuttujat voivat olla, kuten aiemminkin jo on mainittu, rakenteen korkeus, leveys, pituus jne. Työ on tehtävä huolella, koska monimutkaisessa tuotteessa tai moduulissa muuttujia voi olla paljon. Tulevaisuudessa, kun tuotteet ovat pitkälle standardisoituja, voidaan erilaisista moduuleista koostuvan kokoonpanon parametrit integroida keskenään.



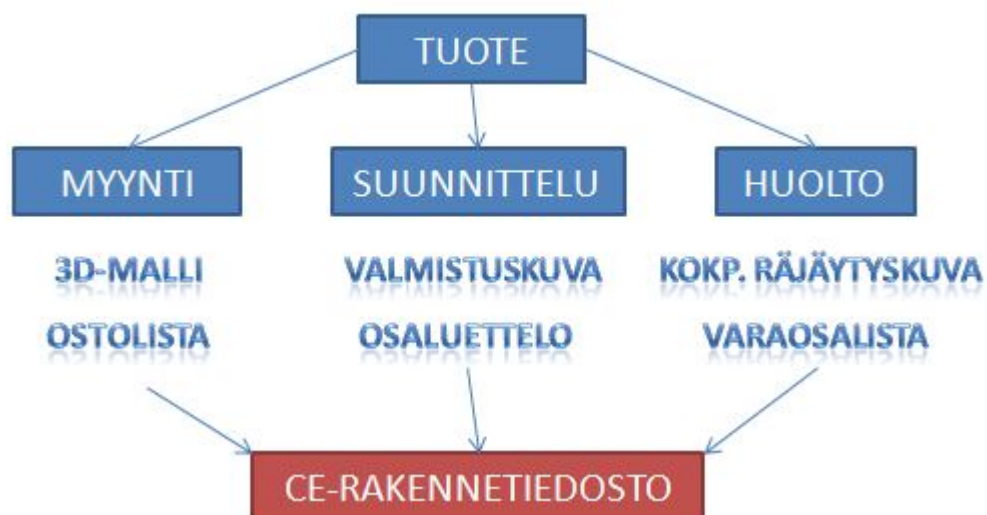
KUVIO 21. Esimerkki parametrisestä skeleton-profiilirakenteesta

Skeleton-mallintamista varten on hyvä hahmotella etukäteen, minkälaisissa tapauksissa sitä käytetään. Ohjaukikäyrämalleja kannattaa tallentaa kirjastoon jo valmiiksi, jolloin säästytään ylimääräiseltä piirtämiseltä. Case-yrityksen tulisi kartoittaa toistuvat sovellukset, missä käyriä tarvitaan.

#### 4.4 Suunnitteludokumentaation tekeminen

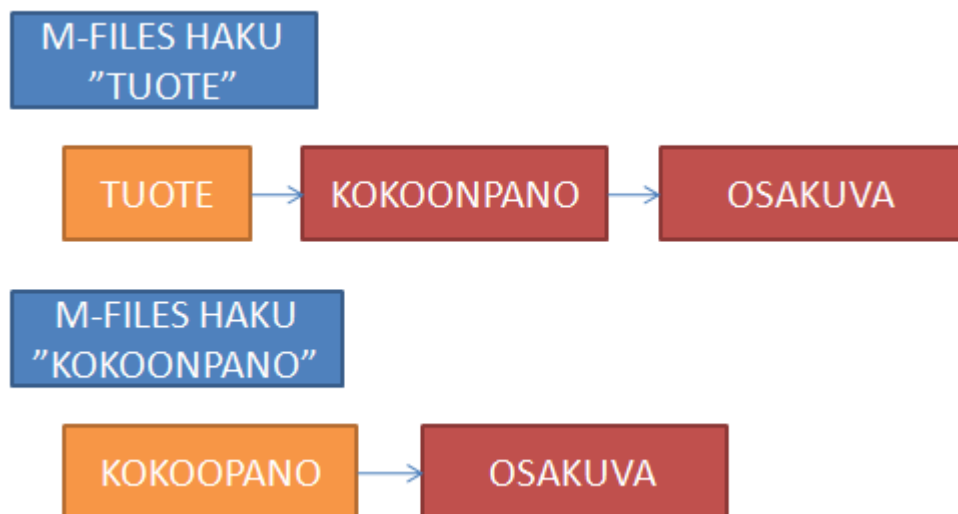
Suunnitteludokumentaatiota tehdessään case-yrityksen työntekijälle tulee olla selkeä käsitys työtehtävästä riippumatta, mitä hän on dokumentoimassa ja mihin suurempaan asiakokonaisuuteen dokumentti liittyy. Apukysymykset ovat mitä dokumentoidaan, minkä takia ja kuka tietoa jatkossa tarvitsee.

Case-yrityksessä tulisi yhdessä niin myynti-, suunnittelu- kuin huolto-osastonkin kanssa hahmotella dokumentointirakenne (niin sanottu tuotetietomalli), jonka jälkeen jokaiselle on selvää, mitä dokumentoidaan, minne ja millä tavalla. Näin päästään myös suurempiin asiakokonaisuuksiin käsiksi. Case-yrityksessä on syytä tutua CE-rakennetiedostoon, jossa hahmotellaan, mitä suunnitteludokumentteja tulee olla dokumentoituna ja kenelle.



KUVIO 22. Esimerkki tuotteen tietomallin hahmottamisesta

Suuremmilla asiakokonaisuuksilla tässä tapauksessa, kun on kyse 3D-suunnittelusta, tarkoitetaan kokoonpanoja ja alikokoonpanoja (voidaan myös puhua moduuleista). Nämä asiakokonaisuudet ovat niin sanottuja linkkejä, joita pystytään hyödyntämään, kun tietoa haetaan muun muassa M-Filesista. Tuoterakennetta vastaava dokumenttirakenne luodaan M-Filesissa linkittämällä pienempiä kokonaisuuksia suurempiin kokonaisuuksiin. Hakumenetelmää on havainnollistettu kuviossa 23. Tiedostojen linkittämisessä prosessi on päinvastainen eli linkitetään aina pienempi osaa suurempaan kokonaisuuteen.



KUVIO 23. Asiakokonaisuuksien hakeminen M-Filesilla

Koska case-yrityksessä on selkeästi eroteltavissa myynti, suunnittelu ja huolto sekä näiden kaiken kohteena asiakas, tulisi dokumentaatiotasot jaotella seuraavasti:

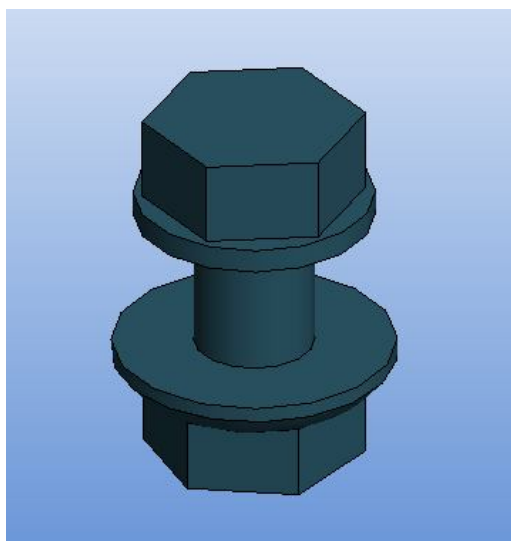
- myyntidokumentaatio
- suunnitteludokumentaatio
- huoltodokumentaatio
- asiakasdokumentaatio

#### 4.4.1 Myyntidokumentit

Myyntidokumentit voivat olla esimerkiksi 3D-visualisointikuvia tai suoraan Vertex G4:stä tulostettuja vanhojen projektituotteiden 3D-kuvia ja päälayout ja -kokoonpanokuvia. Esimerkki Vertex G4:n 3D-kuvasta on esitetty kuviossa 24. Myyntihenkilöt ovat ennen kaikkea kiinnostuneita tuotteissa käytettävistä osista ja siitä, mitä niiden kustannukset olivat aikaisemmissa projekteissa.

Vertex G4:ssä tietokantoja voidaan tulostaa Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jolloin myös muut kuin Vertex G4 -lisenssin omaavat työntekijät pääsevät suunnittelutietoihin käsiksi. Tätä ominaisuutta hyödyntämällä pystytään tulostamaan tuoterakenteet, ostotiedot, osaluettelot jne.

Kun tuotteen tunnus tiedetään, käyttämällä Vertex G4:n tuoterakenne ominaisuutta saadaan kaikki valmistus ja ostotiedot selville jollekin tuotekokonaisuudelle. Vertex G4:n tuoterakennetta hyödyntämällä myynti pääsee suoraan aiempaan suunnittelutietoon käsiksi. Edellytyksenä on se, että tuotteen tieto on siirretty Vertexin nimiketietokantaan. Käytännössä myyntiä varten dokumentit tuotetaan suunnittelijan toimesta pdf- tai dwg-tiedostomuodossa ja ne viedään M-Filesiin, josta myyntimies pystyy hakemaan tietoa.



KUVIO 24. 3D-malli myyntimiestä varten

#### 4.4.2 Suunnitteludokumentit

Suunnitteludokumenteiksi luokitellaan tässä tutkimuksessa valmistuksen kannalta oleellisimmat dokumentit. Näitä dokumentteja ovat layoutit ja erilaiset valmistuskuvat kuten osakuvat, hitsauskokoontavat ja asennuskuvat. Osaluettelon kuva on esitetty kuviossa 25.

Valmistuksen kannalta oleelliset dokumentit tulostetaan Vertex G4 suunnitteluohjelmasta suunnittelijan toimesta dwg- ja pdf-tiedostoiksi. Valmistuskuvat viedään lisäksi M-Filesiin, koska ne ovat osa CE-rakennetiedoston edellyttämää dokumentointia, joka pitää olla kaikkien saatavissa tarvittaessa. Osaluettelot on syytä kääntää hankintavastuussa olevaa henkilöä varten myös excel-tiedostoksi.

Osa	Tunnus	Kuvaus	Standardi	Mitat	Materiaali	Kpl
1		ALUSLEVY	DIN125A	M5	FEZN	1
2		KUUSIORUUVI	DIN933	M5x20	FEZN	1
3		NYLOC-MUTTERI	DIN985	M5	FEZN	1

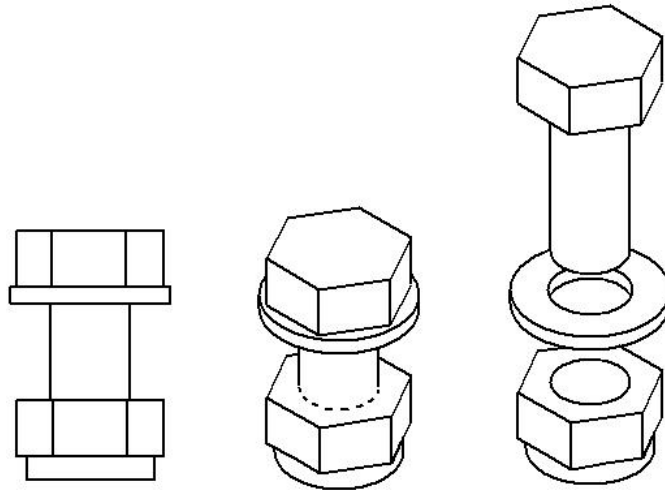
KUVIO 25. Osaluettelo

#### 4.4.3 Huoltodokumentit

Huoltodokumentointia tehdessä case-yrityksen merkittävimmät dokumentit ovat käyttö- ja huolto-ohjeet. Kun yrityksessä alkaa muodostua vakiintuneita tuotteita, on syytä tuottaa myös huoltoon varten tarvittavat dokumentit. Yleensä pelkkä valmistusdokumentti osaluetteloinen ei riitä tai se on turhan sekava. Tällöin tarvitaan yksinkertaisempia ja yksiselitteisempiä kuvia. Näitä ovat esimerkiksi erilliset osaluettelot, pääkokoontavat ja räjäytyskuvat, joilla päästään huollon kannalta oleellisiin asioihin käsiksi. 3D-kokoontavien voidaan lisätä piirustuksia mielivaltaisesti.



Kuten kuviossa 26 näkyy, 3D-mallista saadaan hyödyllisiä kuvakulmia 2D-piirustuksiin myös räjäytettynä, jolloin voidaan hahmottaa esimerkiksi ruuviliitoksen kokoonpano. Huoltodokumentaatiota varten suunnittelija tulostaa huollon kannalta oleellimmat piirustukset ja osaluettelot pdf-tiedostona ja siirtää ne M-Filesiin muiden saatavaksi.



KUVIO 26. 2D:llä tuotettu tasokuva ja 3D-mallista tuotetut isometriset 2D-kuvat

#### 4.4.4 Asiakasdokumentit

Asiakasdokumenteiksi katsotaan tässä tapauksessa loppuasiakkaalle toimitettavat dokumentit, jotka tulee tehdä vähintään CE-rakennetiedoston mukaisesti. Näitä dokumentteja ovat käyttö- ja huolto-ohjeet, varoitustarrat, EU-vaatimustenmukaisuusvakuus. (Keskinen Engineering Oy 2005.) Varsinaisia valmistuskuvia ja osaluetteloita ei olisi syytä lähettää asiakkaalle niin kauan kuin case-yritys myy omaa huoltopalvelua omiin tuotteisiinsa. Asiakasdokumentaatiota varten suunnittelija tulostaa Vertex G4:stä pdf- ja dwg-tiedostot käyttö- ja huolto-ohjeisiin soveltuvista piirustuksista.

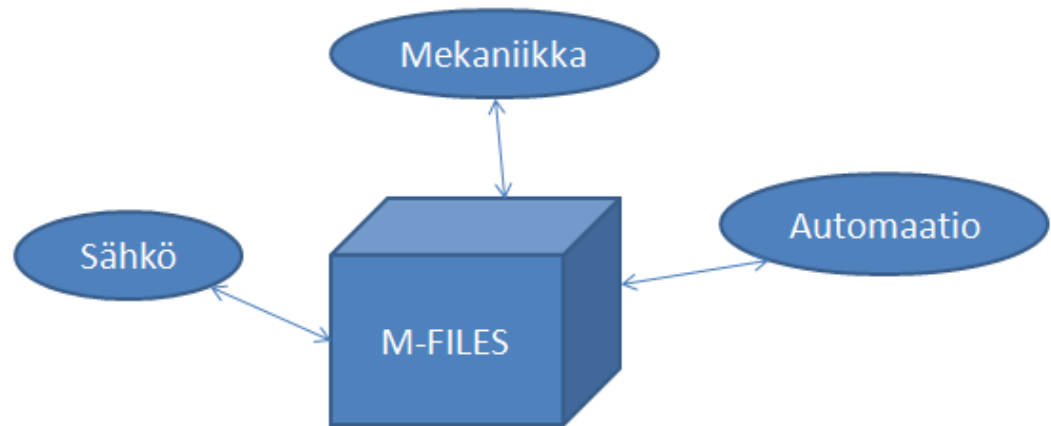
## 4.5 Tiedonhallinta

Case-yrityksessä tiedonhallinta perustuu niin sanottuun ETO-toimintamalliin (Engineer-To-Order). Tämä tarkoittaa sitä, että tällaisessa toimintamallissa informaatiiovirta on suurinta. Päinvastainen asiakasvarioituvuusaste on MTS (Make-To-Stock), jossa informaatiiovirta on pienintä ja ilman minkäänlaista asiakaskohtaisuutta itse tuotteessa. (Apilo ym. 2008, 90.)

Tiedonhallinnan ratkaisuksi voidaan käyttää seuraavia kysymyksiä (Apilo ym. 2008, 93.):

- Minkälaisella strategisella toimintamallilla case-yritys toimii?
- Mitkä ovat tiedonhallinnan kriittisimmät prosessit?
- Millaisilla välineillä kriittisimmät prosessit saadaan integroitua?
- Kuinka tiedonhallinnan vaikutusta hyötyjä pystytään todistamaan ja analysoimaan?

Case-yrityksessä on käytössä M-Files, joka tällä hetkellä siis toimii yrityksen tiedonhallinnan työkaluna. Yrityksen kriittisimpiä prosesseja ovat suunnittelu ja valmistus. Suunnittelussa lähtökohtaisesti tulisi pyrkiä siihen, että eri osastot saadaan sitoutumaan M-Filesiin, mikäli sillä halutaan integroida eri osastojen tietovirta yhteen paikkaan kuvion 27 mukaan. Tämä tietää yleensä lisätyötä suunnittelijalle, joka joutuu siirtämään tiedon toisesta järjestelmästä toiseen. Jos tietoa ei saada M-Filesiin, usein tieto ei myöskään saavuta muita osastoja.



KUVIO 27. Osastojen tietovirta integroituna M-Filesiin

Jotta tieto saataisiin myös muiden osastojen käsiin, olisi hyvä tutkia, voidaanko Vertex G4:n piirustusarkistot linkittää suoraan M-Filesiin. Piirustusarkisto on yleensä vain kansio tietokoneen levyasemalla, joka sisältää kaikki Vertex G4:llä luodut dokumentit. Tällaisessa menettelytavassa etuna voidaan pitää sitä, että mekaniikkasuunnittelijan ei tarvitsisi itse aina tehdä pdf- tai dwg-käännöksiä erikseen muita osastoja varten. Tiedonhallinnan kehittämiseksi voidaan käyttää niin sanotun geneerisen tuotemallin hahmoittamista (Apilo ym. 2008, 93.).

## 5 TUTKIMUSTULOKSET

Lähdeaineiston analyysin ja Vertex Systems Oy:n kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta voidaan todeta, että 3D-suunnitteluun siirtyvän yrityksen tulisi kehittää järjestelmäänsä tuotetiedonhallintaa (PDM) ja suunnitteluautomaatiota (suunnitteluautomaatteja, konfiguraattoreita) varten. Tekesin Digitaalinen konerakennus -selvityksessä (2007), joka on laadittu MASINA-teknologiaohjelmaa varten, ilmenee 70 % - 80 % kustannuksista tulevan tuotekonstruktiosta, jolloin tavoitteena digitaalisessa koneenrakennuksessa tulisi olla muun muassa

- tuotteiden parhaiden käytänteiden hyödynnettävyys: parametrinen suunnittelu
- moduulirakenteiden luominen eli asiakaskohtaisten erilaisten tuotteiden muodostaminen vakiokomponenteista
- käytettävien materiaalien ja komponenttien standardisointi kautta kone ja laite komponenttitoimittajien tuotekirjastojen esittämien tuotteiden helpompi ja nopeampi liittäminen omiin tuotteisiin.

On lisäksi huomioitavaa, että nämä edellä mainitut tavoitteet muuttuvat vaatimuksiksi, kun yrityksessä suunnataan kohti tehokasta tuotetiedonhallintaa ja suunnitteluautomaatiota. Lisäksi avainsanat ”standardisointi” ja ”modulointi” ilmenevät lukuisissa lähdeaineistoissa liittyen tuotesuunnitteluun ja sen kehittämiseen, kuten esimerkiksi Taisto Rostin ohutlevypäivillä 12-13.3.2009 pitämässä seminaarissa ”Tuotekehityksen ja tuottavuuden yhteys”.

Tutkimuksen epävirallisten haastattelujen avulla saatiin selville yrityksessä esiintyneitä ongelmia. Lähdekirjallisuudesta löytyi selkeä yhteys case-yrityksen 3D-suunnittelun kannalta keskeisiin ongelmiin.

## 6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, voidaanko 3D-suunnittelua kehittää case-yrityksessä ilman lisähankintoja. Ongelmia pyrittiin kartoittamaan haastattelemalla työntekijöitä harjoittelujakson aikana ja lisäksi mahdollisia kehitettäviä kohteita selvittämään puhelinkeskusteluilla Vertex System Oy:n myynnin ja teknisen tuen kanssa. Lisäksi tutkimusaiheeseen liittyvää kirjallisuutta oli tutkittava, koska 3D-suunnittelu on yrityksessä vielä alkutekijöissään. Tutkimuksessa törmättiin usein seinään, koska lähes poikkeuksetta minulle tarjottiin PDM-sovellusta suoraksi ratkaisuksi case-yrityksen ongelmiin. Lisäksi työn aihe oli laaja ja vaikeasti rajattavissa, koska asia oli suurimmaksi osaksi uutta. Tutkimuksessa keskityttiin vain yrityksen keskeisiin ongelmiin, joihin lähdeaineisto ja Vertex Systems Oy:n konsultointi tarjosi hyviä ratkaisuja.

Vaikka opinnäytetyö olikin yrityslähtöinen, se toimi pääasiassa henkilökohtaisena tutkimuksena, koska sitä tehtiin suurimmaksi osaksi omalla ajalla kotona ja koulun ohella. Henkilökohtainen tavoitteeni oli oppia uutta 3D-suunnittelusta yritystasolla, koska Lahden ammattikorkeakoulun 3D-suunnittelukurssit antavat hyvin kapeat raamit 3D-suunnittelusta laajemmassa mittakaavassa. Tämän opinnäytetyön jälkeen voin sanoa, että tiedän valtavasti enemmän 3D-suunnittelusta projektiliiketoimintaa harjoittavassa yrityksessä ja sen kehittämisestä.

Tutkimus tuo case-yritykselle esille, miten sen kannattaa suunnittelutoimintaansa kehittää. Suurin haaste case-yrityksessä tulee olemaan tiedonhallinta. Kehitettäviä asioita ei ole käsitelty pintaa syvemmltä, koska jokaisesta niistä on riittävän laaja paisuttaakseen opinnäytetyön väitöskirjan kokoiseksi. On toivottavaa, että yritys tekeekin näistä keskeisistä asioista lisätutkimuksia.

Tutkimus onnistui pääasiassa hyvin, koska siinä esiintyneillä asioilla pystytään vastaamaan case-yrityksessä esiintyneisiin ongelmiin. Kyseisillä asioilla pystytään parantamaan merkittävästi suunnittelukustannuksia ja laatua. Suurin haaste tuleekin olemaan, pystyykö case-yritys sitoutumaan näiden asioiden kehittämiseen ja riittäkö sillä resurssit.

## LÄHTEET

## Painetut lähteet:

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Helsinki: Kopio-Niini Oy.

Apilo, T., Kulmala, H., Kärkkäinen, H., Lampela, H. Mikkola, M., Nevalainen, M., Papinniemi, J., Ruohomäki, I. & Valjakka, T. 2008. Tuotekehitysverkostojen uudet toimintamallit. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, H. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Porvoo: WSOY.

Österholm, J. & Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.

## Elektroniset lähteet:

Arkkitehtitoimisto Suominen Ky. 2010. Modulaariset mallit [viitattu 10.4.2010].

Saatavissa:

[http://www.arksuominen.com/mass.a/research/modularization\\_massa.pdf](http://www.arksuominen.com/mass.a/research/modularization_massa.pdf)

Jalasoja, K. 2003. Seminaarityö - tutkimusmentelmät. Helia: Tietotekniikkaseminaari [viitattu 5.4.2010]. Saatavissa:

<http://myy.helia.fi/~lagal/mon56d/menetelmat.pdf>

Kaarna, A. 2005. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tietokoneavusteinen suunnittelu -kurssin luentokalvot [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:

<http://www2.it.lut.fi/kurssit/05-06/Ti5212800/tas-a4-param.suunnittelu.pdf>

- Kerkkänen, K. 2009. Koneensuunnitteluoppi. Luento 6 [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: <https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk65a0300/luennot>
- Keskinen Engineering Oy. 2005. Koneiden ja laitteiden CE-merkintä [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: [http://www.tekniikka.oamk.fi/~penttihu/mekanisointiyksikot/Keskinen-CE-Marking-Instruction-FI\\_2005.pdf](http://www.tekniikka.oamk.fi/~penttihu/mekanisointiyksikot/Keskinen-CE-Marking-Instruction-FI_2005.pdf)
- Motive Systems Oy. 2010a. [viitattu 5.4.2010]. Saatavissa: <http://www.m-files.com/fin/>
- Motive Systems Oy. 2010b. M-Files käyttöliittymä [viitattu 5.4.2010]. Saatavissa: <http://www.m-files.com/fin/res/features/fl.png>
- Rosti, A. 2009. Tuotekehityksen ja tuottavuuden yhteys [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: <http://www.teknologiateollisuus.fi/file/4880/5TaistoTUOTEKEHITYKSENJATUOTTAVUUDENYHTEYS.pdf.html>
- SFS - Suomen Standardisoimisliitto. 2009. SFS-Käsikirja 1. 6. painos. Helsinki: SFS [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/files/kk12009.pdf>
- TEKES. 2007. Digitaalinen suunnittelu ja valmistus eli tietotekniikka koneenrakennuksessa [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/MASINA/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ja\\_aktivointi/Julkaisut/Digiraporttiver1.5.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/MASINA/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/Digiraporttiver1.5.pdf)
- Vertex Systems Oy. 2010a. Vertex G4 Mekaniikkasuunnittelu [viitattu 5.4.2010]. Saatavissa: <http://www2.vertex.fi/web/fi/g4>.
- Vertex Systems Oy. 2010b. PDF-esite Vertex G4 [viitattu 5.4.2010]. Saatavissa: [http://www2.vertex.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=5ea72d26-e2c5-42d2-a7a3-7014579593e6&groupId=10122](http://www2.vertex.fi/c/document_library/get_file?uuid=5ea72d26-e2c5-42d2-a7a3-7014579593e6&groupId=10122)

Vertex Systems Oy. 2010c. G4 Mekaniikkasuunnittelu 2 [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: <http://support.vertex.fi/vertexg4/index.html>

Suulliset lähteet:

Case-yrityksen henkilökunta. 2009. Case-yritys. Epävirallinen haastattelu harjoittelujaksolla 2009.

G4 Myyntihenkilö. 2009. Vertex Systems Oy. Tiedustelu 10.11.2009.



## LIITTEET

### LIITE 1

Case-yrityksen epävirallisissa haastatteluissa esiintyneitä ongelmia:

Yrityksen henkilöillä oli hyvin vähän kokemusta 3D-suunnittelusta. Henkilöstöstä osa oli käynyt Lahden ammattikorkeakoululla peruskurssilla, jossa oli käyty perusasioita läpi 3D-mallintamisen osalta Vertex G4 – suunnitteluohjelmalla. Vaikka henkilöt osaisivat mallintaa joitakin pieniä osia tai kokonaisuuksia, puuttuu yritykseltä kokemusta laajemmasta 3D-suunnittelusta kokonaisten projektien läpiviemiseksi kustannustehokkaasti.

Yhdeksi merkittäväksi pullonkaulaksi oli havaittu suunnitteludokumentaation tekeminen ja etsiminen Vertex G4 -ohjelmalla.

Koska kyseessä on projektitalo, ovat lähes kaikki projektit uniikkeja asiakasräätälöintejä. Pyörä joudutaan lähes aina keksimään uudestaan. Vanhaa tietoa ei juuri hyödynnetä. Uniikkien projektien takia yrityksellä on hyvin vähän vakio-osia käytössä, mikä hidastaa suunnittelun läpivientä.

Yrityksellä on käytössä M-Files dokumenttien hallintajärjestelmä, mutta henkilöstöstä suurin osa ei osannut löytää tietoa järjestelmästä eikä myöskään tallentaa sitä sinne. Kahvipöytäkeskusteluissa käytettiinkin kyseisestä ohjelmasta usein nimitystä ”musta-aukko”, jonne tieto katoaa eikä sitä saada koskaan takaisin.

Yrityksellä ei ollut vielä harjoittelujakson alussa yhteisiä pelisääntöjä tai toimintaohjeita suunnittelutyössä. Yhteiset pelisääntöjen puute tulee ilmi muun muassa piirustusten ja osaluetteloiden nimikkeiden osalta. Usein oli huomattavissa, että samalla komponentilla saattoi olla eri piirustuksissa monta eri nimeä.

(Case-yrityksen henkilökunta 2009)

## LIITE 2

- Mitä 3D-osia kannattaa mallintaa ja miten mallinnetaan? Top-Down menetelmällä vai tyhjästä? Luodaanko erillaisia ilmiasuja kuten kevytmalleja? Onko asennolla väliä? Tarvitaanko parametrisuutta?
- Miten yrityksessä täytetään Vertexin nimiketiedot ja arkistokortit?
- Miten ja minne M-Filesiin siirretään tuotetut 3D-mallit, piirustukset ym. dokumentit?
- Miten M-Filesin metatiedot asetetaan tiedostolle? Ja miten tietoa etsitään?
- Miten M-Filesissa luodaan tiedostoille, esimerkiksi osakoodilla löydetään kaikki osaan viittava dokumentaatio.
- Miten komponentit nimetään? Standardin mukaan vai yrityksen oman toimintavan mukaan?
- Miten yrityksessä rakennetaan suunnitteludokumentaatio? Minkälainen vaikutus esim maanosilla asiakasdokumentaatioon?