

Antti Vanha-Viitakoski

**Suunnitteluautomaatin kehittäminen
teollisuuspuhaltimien suunnitteluun**

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Teknillinen mekaniikka

Tekijä: Antti Vanha-Viitakoski

Työn nimi: Suunnitteluautomaatin kehittäminen teollisuuspuhaltimien suunnitteluun

Ohjaaja: Jukka Aarnio

Vuosi: 2011

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: 0

Tietokoneavusteinen suunnittelu on nykyään lähes ainut käytetty menetelmä koneiden suunnitteluun. Insinöörin työssä ja koneiden suunnittelussa on törmätty tiukkojen toimitusaikojen ja maksimaalisen tehokkuuden saavuttamisen ongelmaan. 3D-suunnitteluun siirtyminen on mahdollistanut virheettömämmän suunnittelun, mutta suunnitteluajojen pituus on monesti edelleen toimitusprosessin pulonkaula.

Perehdyin opinnäytetyössäni suunnittelutyön tehostamiseen suunnittelun automatisoimisella. Varsinaisena opinnäytteenäni oli suunnitteluautomaatin kehittämis- ja käyttöönottoprojekti Dust Control Systems Oy:lle. Dust Control Systemsin tavoitteena oli lyhentää suunnittelun läpimenoaikaa, lisätä suunnittelun kapasiteettia ja vähentää suunnittelussa aiheutuneita inhimillisiä virheitä.

Projektin lopputuloksena saatiin aikaiseksi suunnitteluautomaatti, jonka avulla suunnittelun tuottavuus kasvoi jo automaatin testausvaiheessa. Suunnittelun keskimääräinen läpimenoaika lyheni ja virheiden määrä laski merkittävästi, mikä lisäsi siten myös suunnittelun kapasiteettia.

Projektin tulosten perusteella on koneensuunnittelussa, 3D-suunnitteluun siirtymisen jälkeen, seuraava merkittävä kehitysaskel suunnittelutyön automatisointi. Automaatit eivät enää ole vain suurten yritysten yksinoikeus, vaan myös pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on mahdollisuus investoida kohtuullisin kustannuksin suunnittelun kehittämiseen automatisoinnilla.

Asiasanat: Tietokoneavusteinen suunnittelu, koneensuunnittelu, 3D-suunnittelu

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Mechanical and Production Engineering
Specialisation: Mechanical Engineering

Author: Antti Vanha-Viitakoski

Title of the thesis: Automation of industrial fan engineering

Supervisor: Jukka Aarnio

Year: 2011 Number of pages: 37 Number of appendices: 0

Computer aided design is nowadays almost the only method used in mechanical engineering. The engineering designing machines have faced the problem of the tight time schedules and demand of the maximal productivity. Three dimensional design programs have made it easier to produce accurate drawings, but the time used is often a problem.

In my thesis I have taken a look to achieving more efficient ways to do mechanical engineering. My actual task was to create a design automation for Dust Control Systems Oy for the centrifugal fan designing. The goal of the project was to lower the total costs and to increase capacity of the fan design unit.

When the project was over we had achieved remarkably shorter design times which increased the design capacity. Also it could be noticed that there were less mistakes in the design which improved the economical efficiency of the company.

The results of the project are indicating that after changing the design programs from 2D to 3D automating the design process will be the next big step in the machine engineering. The automation and product configuration is not only for the big companies anymore, but also the small and medium sized companies are nowadays able to invest in the development of their systems with reasonable costs.

Keywords: computer aided design, mechanical engineering, 3D-design

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIOLUETTELO

1 JOHDANTO	9
2 SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN	11
2.1 Nykyaikainen suunnitteluympäristö.....	11
2.1.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu.....	11
2.1.2 Parametrinen mallintaminen	12
2.1.3 Suunnittelun automatisointi.....	13
2.1.4 Suunnitteludokumenttien hallinta	14
2.2 Kilpailukykyinen koneen suunnittelu.....	15
2.2.1 Asiakaslähtöisyys koneensuunnittelussa	15
2.2.2 Suunnittelutyön tehostaminen.....	16
3 SUUNNITTELUAUTOMAATIN KEHITYSPROJEKTI	18
3.1 Lähtökohdat	18
3.2 Projektisuunnitelma.....	19
3.2.1 Resurssit.....	19
3.2.2 Aikataulu	20
3.2.3 Tavoitteet	20
3.3 Suunnitteluautomaatin toimintaperiaate	22
3.3.1 Suunnitteluprosessi.....	22
3.3.2 Ohjelmistoympäristö	23
3.3.3 3D-mallin rakenne.....	24
3.4 Projektin eteneminen	27
3.4.1 Ohjelmiston valinta.....	27
3.4.2 Tuoterakenteiden määrittäminen	28
3.4.3 Mallintaminen ja automaatin rakentaminen.....	29
3.4.4 Käyttöönotto ja testaus.....	30

4	PROJEKTIN TULOSTEN JA TAVOITTEIDEN VERTAILU	32
5	SUUNNITTELUAUTOMAATIN JATKOKEHITTÄMINEN	34
6	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

2D	Kaksidimensioinen, kaksiulotteinen.
3D	Kolmedimensioinen, kolmiulotteinen.
Attribuutti	3D-malliin syötettävä tuotetieto.
AutoCAD	Autodeskin valmistama 2D-suunnitteluohjelmisto.
DCS	Dust Control Systems Oy.
Konfiguraattori	Ohjelmisto, jolla attribuutit ja parametrien arvot syötetään 3D-malliin.
Parametri	Parametri on 3D-mallin muuttuja, jolla ohjataan mallin mittoja tai muotoja.
PDM	Product Data Management eli tuotetiedonhallintajärjestelmä.
Pro/E	Pro/Engineer Wildfire 5 -suunnitteluohjelmisto.
Relaatio	3D-mallin eri piirteiden tai mittojen välinen riippuvuus tai sääntö.

KUVIOLUETTELO

KUVIO 1: Suunnitteluprosessi.....	22
KUVIO 2. Suunnitteluympäristö	23
KUVIO 3: Puhaltimen pääosat	25
KUVIO 4: Siipipyörän kokoonpano ja skeleton	26

1 JOHDANTO

Dust Control Systems on vuonna 1983 perustettu yritys, jonka päätoimialana on ollut siitä saakka teollisuuspuhaltimien ja erilaisten suodatuslaitteiden valmistaminen. Nykyiset omistajat Ilkka Korhonen ja Harri Järvenpää ostivat yrityksen vuonna 2007, kun aiemmat omistajat olivat jo siirtyneet eläkkeelle eikä yritykselle ollut enää jatkajaa vanhasta omistuspohjasta. Yrityskaupan jälkeen alkoi nopea kehitystoiminta lähes kaikilla toiminnan sektoreilla, koska vuosien saatossa oli yrityksessä jääty jälkeen nykyaikaisista toimintamenetelmistä. Osaaminen tuotteiden osalta oli edelleen korkealla tasolla, mutta silloiset toiminnanohjaus- ja suunnittelu-järjestelmät olivat tulleet tiensä päähän.

Syksyllä 2008 alettiin pohtia suunnittelun tehostamista. Ongelmaksi oli alkanut muodostua suunnittelun heikko läpäisykyky ja kiireestä johtuva suuri virheiden määrä, mikä oli yrityksen toimituskyvyn ja tuottavuuden kehityksen kannalta selkeä pullonkaula. Suunnittelujärjestelmä päätettiin uudistaa kerralla lähes kokonaan luopumalla 2D-suunnittelusta ja AutoCadiin pohjautuvasta toimintatavasta siirtymällä 3D-suunnitteluun. Yksin suunnitteluohjelmistojen vaihtaminen ei sinällään riitä tehostamaan suunnittelua tarpeeksi, vaan samalla Dust Control Systemsissä päätettiin aloittaa suunnitteluautomaatin kehittäminen keskipakopuhaltimien suunnitteluun. Suunnitteluautomaatilla on tavoitteena hoitaa suunnittelua eniten kuormittavat rutiinitehtävät, kuten levyosien leikekuvien luominen, ja vapauttaa suunnitteluresursseja muihin tehtäviin.

Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto projektin päätyttyä syksyllä 2008 tuli esille suunnittelujärjestelmän kehitysprojektin aloittaminen. DCS:n silloisessa tilanteessa oli sekä yrityksen henkilöstöressurssien että minun kannaltani oivallinen tilaisuus aloittaa kyseinen projekti ja suunnitteluautomaatin kehittäminen.

Suunnitteluautomaatin kehitysprojektin vetäminen sopii minulle erinomaisesti, koska olen myös opinnoissani halunnut suuntautua nimenomaan varsinaiseen koneensuunnittelutyöhön ja nyt sain lisäksi mahdollisuuden päästä samalla tutustumaan nykyaikaisen suunnittelujärjestelmän kehittämiseen. Suunnitteluautomaattien käyttö pienissä yrityksissä ei ole kovinkaan yleistä ja senkin vuoksi tämä projekti on todella mielenkiintoinen.

2 SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

2.1 Nykyaikainen suunnitteluympäristö

2.1.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

1980-luku on ollut suunnittelutyön tietokoneistumisen aikaa, jolloin tietokonetta alettiin käyttää piirtämisen apuvälineenä. Tietokoneet yleistyivät nopeasti kaikilla teollisuuden aloilla. Alkuvaiheessa tietokoneella suunnittelu muistutti toimintatavaltaan piirustuslaudan käyttöä. Suunnittelu tapahtui 2D-maailmassa ja projektiot piirrettiin toisistaan erillisinä kuvina ilman riippuvuuksia. Piirretyt osat saatiin kopioitua kokoonpanopiirustuksiin, mutta tällöin mahdolliset muutokset osaan oli korjattava myös jokaiseen kokoonpanoon, jossa niitä oli käytetty. (Autio & Hasari 1999, 263; Hietikko 2007, 14.)

1990-luvun loppupuolella yleistymään alkanutta 3D-suunnittelua alettiin kehittää jo 1970-luvun lopulla. Ensimmäisiä 3D-ohjelmistoja ja -järjestelmiä kokeiltiin jo 1980-luvulla ilman merkittäviä saavutuksia. 1982 perustettu Autodesk vaikutti huomattavasti tietokoneavusteiseen suunnittelun suosion kasvuun kehittämällä edullisen henkilökohtaisessa tietokoneessa toimivan 2D-suunnitteluohjelman. Vuonna 1988 Parametric Technology julkaisi ensimmäisen parametrisen Pro/Engineer 3D-mallinnusohjelmiston, jonka ensimmäinen Windows-järjestelmässä toimiva versio julkaistiin 1995. Nykyään suurin osa mekaniikkasuunnittelusta toteutetaan parametrillä 3D-mallintamisella. (Autio & Hasari 1999, 263; Hietikko 2007, 14-15, 25.)

Tietokoneen avulla pyritään nopeuttamaan suunnittelua ja parantamaan suunnittelun laatua. 2D-ohjelmistoilla tavoitteena on tuottaa piirustuksia mahdollisimman nopeasti, kun taas 3D-ohjelmistoilla pyritään mallintamaan tarkasti todellista kappaletta kuvaava kolmiulotteinen malli. 3D-mallista piirustukset toteutetaan sijoitta-

malla halutut projektiot lomakepohjalle ja mitoittamalla ne, kuten 2D-ohjelmistossakin. (Autio & Hasari 1999, 263.)

3D-mallia voidaan käänellä näytöllä ja siitä voidaan ottaa useita eri projektioita. Tarkasta mallista voidaan myös laskea erilaisia geometriasta ja tiheydestä riippuvia suureita. Nykyaikaisten ohjelmistojen parhaita ominaisuuksia on kappaleiden mittojen muuttaminen parametrien ja relaatioiden avulla. Relaatioilla saadaan ohjattua kappaleen muita mittoja samanaikaisesti, kun jotain yksittäistä mitta muutetaan. Samalla muutos välittyy kaikkiin kokoonpanoihin ja piirustuksiin, joissa kyseistä osaa on käytetty. (Autio & Hasari 1999, 267, 273.)

2.1.2 Parametrinen mallintaminen

Parametrisessä mallintamisessa kappale mallinnetaan kolmiulotteisena tarkkana geometriana. Parametrisuus tarkoittaa, että mallille annettuja mittoja voidaan muuttaa koska tahansa mallinnuksen aikana ja kappaleen geometria seuraa kyseistä muutosta. Myös kyseisestä mallista tehdyt piirustukset päivittyvät kappaleen muuttuessa. Tämä ominaisuus helpottaa muutosten tekemistä suunnittelun edessä, kun geometriaa ei tarvitse välttämättä muuttaa. (Hietikko 2007, 23.)

Relaatioiden käyttö on parametrin mallintamisen ominaisuus, jonka avulla voidaan asettaa erilaisia ehtoja esimerkiksi mittojen välille. Ehdot voivat olla esimerkiksi matemaattisia lausekkeita. Myös erilaisten ehtojen käyttäminen malleissa on mahdollista. Esimerkkejä ehdoista ovat esimerkiksi piirteiden yhdensuuntaisuus ja symmetrisyys. (Hietikko 2007, 25.)

Mallia rakennettaessa on varauduttava tuleviin muutoksiin ja piirteet on mallinnettava siten, että muutettaessa mallia muutos tapahtuu hallitusti ja malli pysyy vakana. Mallista ja kaikista siihen liittyvistä osakokoonpanoista voidaan luoda tavalliset valmistus ja kokoonpanopiirustukset. Mikäli malli jossain vaiheessa muuttuu, muuttuvat myös siitä tehdyt piirustukset. Parametrisuus mahdollistaa myös piirus-

tuksiin siirrettävän informaation liittämisen 3D-malliin. Tämän kaltaista informaatiota voivat olla esimerkiksi reiän valmistuksen menetelmätiedot. (Hietikko 2007, 24-25.)

Parametristen mallien käyttö on helpottanut myös eri ohjelmien välistä yhteensopivuutta. Malleja voidaan siirtää esimerkiksi NC-työstöratujen tai FEM-ohjelmiin lujuuslaskennan tekemistä varten. Jos mallia myöhemmin muutetaan, ei toiseen ohjelmaan tarvitse tehdä mallia uudelleen, vaan muutokset siirtyvä siihenkin automaattisesti. (Hietikko 2007, 25.)

2.1.3 Suunnittelun automatisointi

Suunnittelun automatisointi on 3D-suunnittelussa viime aikoina voimakkaasti kehittynyt suuntaus. Automatisoitua 3D-suunnittelua on käytetty jo vuosia isoissa yrityksissä, esimerkiksi ilmailuteollisuudessa. Suunnitteluautomaattien korkea hinta on aiemmin rajannut ne pois pienten- ja keskisuurten yritysten ulottuville. Viime aikoina automatisointi on kuitenkin alkanut yleistyä myös pienemmissä yrityksissä. (CadWalk 1/2008, 8.)

Työlään tarjosten räätälöinnin helpottaminen käyttämällä myynnin tarpeisiin kehitettyjä tuotekonfiguraattoriohjelmistoja on jo varsin tunnettua. Useissa yrityksissä kuitenkin suunnittelijat kuluttavat edelleen suuren osan työajastaan piirustusten ja 3D-mallien rutiininomaiseen muokkaamiseen. Nykyaikaisen teknologian ansiosta on mahdollista tuoda konfiguraattoreista tuttu automatisointi myös osaksi suunnittelua. Automatisointi helpottaa työskentelyä ja lisää työn tehokkuutta sekä tuottavuutta, kun rutiinitehtävät jäävät koneiden hoidettavaksi suunnittelijan sijaan. Suunnitteluohjelmistoja toimittavan Vertex Systems Oy:n mukaan suunnitteluautomaatin kehittäminen ja käyttöönotto lyhentää suunnittelun läpimenoaikaa ja tehostaa tuottavuutta, vähentää suunnitteluvirheiden määrää ja lisää säästöjä suunnittelun kokonaiskustannuksissa pidemmällä aikavälillä. (CadWalk 1/2008, 8; Vertex Systems Oy, [Viitattu 31.3.2011].)

Suunnitteluautomaatin kehittäminen vaatii tuotteelta riittävän suuria volyymeja ja selkeää tuoterakennetta, jotta projekti olisi kannattava. Modulaarinen tuoterakenne helpottaa automaatin tekemistä ja ylläpitoa. Tämän vuoksi tuoterakenteet on syytä selvittää hyvissä ajoin ennen automaatin rakentamisen aloittamista. (Vertex Systems Oy, [Viitattu 31.3.2011].)

Suunnitteluautomaatin toiminta perustuu sääntöjen, joiden mukaan 3D-kokoonpanoa ohjataan, luomiseen. Säännöt määrittävät kokoonpanon osien mitoittamisen, muuttamisen, poistamisen ja lisäämisen. Ennen ohjelmointikokemuksista vaatinut sääntöjen luominen onnistuu nykyaikaisilla kehittyneillä säännöstötyökaluilla huomattavasti helpommin. Säännöt pystytään määrittämään siten, että niiden avulla tuote voidaan määrittää ja luoda suoraan asiakkaalta saatujen lähtötietojen perusteella. (CadWalk 1/2008, 8-9.)

2.1.4 Suunnitteludokumenttien hallinta

Tehokas työskentely vaatii hyvin toimivaa projektin- ja suunnitteludokumenttien hallintajärjestelmää. Kun projektiin kuuluu useita satoja malleja, kokoonpanoja ja piirustuksia, on pystyttävä varmistamaan, ettei yhdelläkään mallilla ole päällekkäisiä numeroita. Dokumentit ja piirustukset ovat oltava helposti löydettävissä ja hallittavissa. Tavallisesti useamman suunnittelijan yrityksissä dokumenttien hallinnassa hyödynnetään jotakin PDM-järjestelmää. (Tuhola & Viitanen 2008, 44.)

Siirryttäessä 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluun tiedostojen määrä vähintään kaksinkertaistuu. Tämän vuoksi yrityksessä on oltava jokin systeemi, jonka avulla tiedostot on löydettävissä vielä vuosienkin kuluttua. Tiedostojen järjestelmällisen nimeämisen lisäksi on tärkeää hallita muutoksia ja revisioita, jotta käytettävät mallit pysyvät ajan tasalla. (Hietikko 2007, 40-41.)

PDM- (Product Data Management) eli tuotetiedonhallintajärjestelmän tavoitteena on hallita kaikkea kyseiseen tuotteeseen liittyvää tietoa. tällaisia tietoja ovat muun

muassa 3D-mallit, piirustukset, osaluettelot ja lujuuslaskenta-analyysit. PDM-järjestelmän avulla varmistetaan, että kutakin mallia tai dokumenttia käsittelee ai-noastaan yksi suunnittelija kerrallaan. Kehittyneimmät PDM-järjestelmät mahdollis-tavat jopa yrityksen ulkopuolisten tahojen, kuten alihankkijat tai asiakkaat, mukaan ottamisen. Tällöin esimerkiksi asiakkaat voivat kommentoida tilaamiaan tuotteita jo suunnitteluvaiheessa. (Hietikko 2007, 41, 119-120.)

2.2 Kilpailukykyinen koneen suunnittelu

2.2.1 Asiakslähtöisyys koneensuunnittelussa

Tuotteiden räätälöinti asiakkaiden tarpeisiin on suunnittelun kannalta aikaa vievä ja kallis toimintatapa. Räätälöinti on kuitenkin tarpeellista, kun asiakkaat haluavat hankittavien tuotteiden sopivan omiin järjestelmiinsä täydellisesti. (CadWalk 1/2008, 8.)

Asiakslähtöisessä suunnittelussa keskeinen tavoite on kehittää asiakkaiden vaa-timukset ja tarpeet täyttäviä tuotteita. Asiakkaiden tarpeet pyritään huomioimaan kaikissa toiminnoissa, jotka ovat mukana tuotteen kehittämisessä ja valmistami-nessa. Asiakslähtöisen suunnittelun tavoitteita ovat asiakkaan tarpeiden ja odo-tusten sekä suunniteltavan tuotteen tarkka määrittely. Näiden avulla pyritään ly-hentämään tuotteen kehitysaikaa ja alentamaan tuotteiden kustannuksia. (Salmi-nen 1990, 91-92.)

Perusteena asiakslähtöiselle tuotesuunnittelulle on pidetty tarvetta vastata asia-kasvaatimukseen mahdollisimman täydellisesti. Toisena perusteena on pidetty suunnittelun kokonaisajan lyhentymistä joidenkin tutkimusten mukaan jopa 50 pro-sentilla. Suunnitteluajan puolittaminen on merkittävä säästö ajassa ja kustannuk-sissa. Tämä on mahdollista saavuttaa määrittämällä ja priorisoimalla suunnittelu tarkasti, mikä vähentää uudelleen suunnittelua ja suunnitteluvirheitä merkittävästi.

Asiakaslähtöisen suunnittelun tavoite on synnyttää tuotteita, jotka täyttävät sekä asiakkaiden, että viranomaisten vaatimukset minimoiden suunnittelu- ja tuotantokustannukset. (Salminen 1990, 93-94.)

2.2.2 Suunnittelutyön tehostaminen

Nykyään suunnittelu vaatii suunnittelijalta aina vain enemmän, koska suunnittelun tehokkuudesta on tullut koko ajan merkittävämpi tekijä yrityksen toimitusprosessin kannalta. Tilauksesta tuotteen toimitukseen pyritään mahdollisimman lyhyessä ajassa, minkä vuoksi suunnittelunkin on tapahduttava nopeasti ja suunnittelutuloksen on oltava virheetön, jotta myös tuotteen valmistus onnistuu ongelmitta. (Tuhola & Viitanen 2008, 33.)

Suunnittelua tehostettaessa työympäristön merkitys korostuu entisestään. Dokumenttien ja projektien hallinta tulee olla selkeää ja hyvin organisoitua. Nykyaikaisilla PDM-järjestelmillä pystytään suunnittelun tuottamat dokumentit ylläpitämään ja siirtämään joustavasti toiminnanohjausjärjestelmään tuotannon hyödynnettäviksi. Suunnittelua tehostettaessa on suunnittelujärjestelmä hiottava yrityksen tarpeiden mukaiseksi, mikä 3D-suunnittelussa tarkoittaa mm. erilaisten osa- ja komponenttikirjastojen sekä piirustus pohjien luomista valmiiksi. Valmiit pohjat ja vakio-osien mallit nopeuttavat suunnittelua merkittävästi. (Tuhola & Viitanen 2008, 44-48.)

Tehokas keino 3D-suunnittelun tehostamiseen on suunnittelun automatisointi. Automatisoimalla suunnittelua vapauttaa se suunnittelijoita rutiininomaisista tehtävistä. Periaatteessa suunnittelun automatisoinnissa on kyse suunnittelutyön helpottamisesta. Suunnitteluautomaattia ei tarvitse ottaa käyttöön välittömästi kaikilla suunnittelun osa-alueilla, vaan sen käyttöönotto ja kehittäminen voidaan aloittaa esimerkiksi parin suunnittelijan voimin yhdellä tuotteella ja laajentaa sen jälkeen yrityksen tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaan, kun automaatin toimivuus ja tuotavuus on selkeästi havaittu. (CadWalk 1/2008, 8-9.)

Jotta suunnittelun automatisointi olisi taloudellisesti kannattavaa, on tuotteen oltava mielellään rakenteeltaan modulaarinen ja tuoterakenne hyvin selvitetty sekä tuotteen valmistusmäärien riittävän suurina. Mikäli tuotetta ei pystytä moduloimaan, on sen suunnittelun automatisointi huomattavasti hankalampaa. Automaatin ylläpito ja päivittäminen vaikeutuu huomattavasti, jos tuotteen rakennetta ei ole kunnolla tunnettu. (Vertex Systems Oy, [Viitattu 31.3.2011].)

Investointi suunnittelun automatisointiin lisää yrityksen kilpailukykyä ja mahdollisuuksia vuorovaikutukseen asiakkaan, myynnin ja suunnittelun välillä. Pitkälle automatisoiduilla 3D-malleilla pystytään hyvin nopeasti tuottamaan selkeät ja havainnollistavat mallit jo esisuunnittelun aikana, mikä helpottaa keskustelua ja myös kaupan käyntiä asiakkaan kanssa. (Murtovaara 2010.)

Tehokkaassa toiminnassa joudutaan välillä tekemään kompromisseja valintojen suhteen, jotta ratkaisut olisivat taloudellisesti mielekkäitä. Yleensä asiakkaalla ja yrityksellä itsellään on kiire aikataulujen suhteen ja sen vuoksi tehokkaan suunnittelun merkitys korostuu. Tehokkaassa suunnittelussa on oleellista, että suunnittelu huomioi myös tuotteen materiaalien hankinnan ja valmistuksen taloudellisen kannattavuuden, eikä ainoastaan suunnittelun nopeaa toteutumista. Suunnittelun tehokkuuden optimi on saavutettu silloin, kun se täyttää sekä asiakkaan, että yrityksen tarpeet ja minimoi molempien osapuolten kokonaiskustannukset. (Salminen 1990, 108.)

3 SUUNNITTELUAUTOMAATIN KEHITYSPROJEKTI

3.1 Lähtökohdat

Vuonna 2009 Dust Control Systems Oy:n liikevaihdosta lähes puolet koostui teollisuuspuhaltimien myynnistä, mutta kuitenkin noin 80 % suunnittelun työtunneista kului puhaltimien suunnitteluun. Yrityksellä oli kaksi päätoimista suunnittelijaa, joiden tehtävänä oli puhallinsuunnittelun lisäksi tuottaa myynnin ja valmistuksen tarvitsemat piirustukset myös muista laitteista, kuten multisykloneista sekä osallistua myytyjen laitetoimitusten suunnittelun lisäksi tuotekehitykseen. Suunnittelun kapasiteetti muodosti yhden helposti havaittavan pullonkaulan, joka hidasti sekä tuotannon toimitustehokkuutta että samalla esti yrityksen tuotekehitykseen panostamista.

Projektin aloitushetkellä suunnitteluohjelmistona käytettiin perinteistä 2D-suunnitteluohjelmaa Autocadia, jolla valmistuksen tarvitsemat piirustukset pystyttiin kyllä tuottamaan. Mutta piirustusten tuottamiseen aikaa kului paljon ja virheitä ilmeni usein vasta valmistuksen jo alettua, jolloin niiden korjaamisesta aiheutui toinen merkittävä kuluerä. Suunnittelujärjestelmän perusajatus oli hyödyntää valmiiksi tehtyjä pohjia ja piirustuksia, joita kutsuttiin Y-piirustuksiksi. Y-piirustukset ovat valmiiksi tehtyjä piirustuksia, joihin osat on skaalattu vastaamaan puhaltimen kokoa. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin puhallinvariaatioiden suuri määrä ja puhaltimien räätälöinti asiakkaiden tarpeisiin. Käytännössä Y-piirustukset jouduttiin useissa tapauksissa piirtämään laitekohtaisesti uudelleen, jolloin hyöty valmiista kuvista jäi saavuttamatta.

Yhden puhaltimen suunnitteluun kului vanhalla suunnittelujärjestelmällä keskimäärin 3,5 työpäivää. Suunnittelu-aika riippui paljon käytettävissä olevista aiemmin suunnitelluista laitteista, joiden piirustuksia voitiin käyttää pohjina uusille. Pitkä

suunnittelu-aika aiheutti myös rajoitteita tarjottavien laitteiden valintaan. Kiireellisessä, lyhyen toimitusajan, projekteissa jouduttiin valitsemaan puhaltimia olemassa olevien pohjien perusteella, jolloin ei pystytty tarjoamaan parhaiten kohteeseen sopivaa laitetta, mikä heikensi yrityksen tilannetta tarjouskilpailussa.

3.2 Projektisuunnitelma

3.2.1 Resurssit

Suunnitteluautomaatin kehitysprojektiin tarvittiin kaikkia suunnittelun resursseja, kuten henkilöstöä, pääomaa, tietokoneita ja toimistotiloja. Henkilöstöstä projekti satoi ensisijaisesti allekirjoittaneen, jonka päätoiminen tehtävä suunnitteluautomaatin toteuttaminen oli. Lisäksi projektin eri vaiheissa tarvittiin apua yrityksen suunnittelijoilta ja tuotepäälliköiltä sekä myös suunnittelu-ympäristön toimittaneen ohjelmistotalon asiantuntijoilta.

Suunnittelijoiden ja tuotepäälliköiden apua tarvittiin ensisijaisesti laitteiden rakenteiden ja erilaisten osien sekä rakenteiden välisten riippuvuuksien määrittämisessä. Varsinaisen suunnitteluautomaatin sekä siihen liittyvien 3D-mallien rakentamisessa suunnittelijoiden työpanosta oli tarkoitus hyödyntää mahdollisuuksien mukaan, mikäli heiltä siihen aikaa laitetöimitusprojektien laitesuunnittelun ohessa jää.

Tarvittavat tietokoneet, ohjelmistot ja toimistotilat Dust Control Systemsillä oli tarjota omissa toimitiloissaan. Projekti oli tarkoitus rahoittaa tulorahoituksella, koska kustannukset koostuivat pääasiassa henkilöstön palkoista. Ainoat suuremmat yksittäiset kustannuserät olivat ohjelmistolisenssien ja ohjelmistoihin liittyvien koulutusten hankinnat, joiden kustannuksista riippuen harkittiin myös erilaisten investointirahoitusten käyttämistä.

3.2.2 Aikataulu

Suunnitteluautomaatin kehitysprojekti aikataulutettiin siten, että kevät ja kesä 2009 käytettäisiin projektin lähtökohtien, tavoitteiden ja projektisuunnitelman luomiseen. Kevään 2009 aikana aloitettaisiin myös tuoterakenteiden määrittäminen, jotta rakenteet saataisiin mahdollisimman hyvin selkeytettyä siihen mennessä, kun 3D-malleja ja kokoonpanoja laitteista alettaisiin luoda. Loppukesästä 2009 suoritettaisiin ohjelmistotoimittajan valinta ja syksyn aikana ensimmäisten ohjelmistolisenssien asennus ja käyttöönotto. Loppuvuosi 2009 oli varattu uuden ohjelmiston itsenäiseen opiskeluun, jotta tammikuussa 2010 olisi saavutettu riittävät perustaidot uuden ohjelmiston osalta, jolloin varsinainen suunnitteluautomaatin rakentaminen aloitettaisiin.

Varsinaiselle mallintamisella ja suunnitteluautomaatin rakentamiselle varattiin aikaa puoli vuotta ja tavoitteena oli, että heinäkuun 2010 alussa olisi päästy aloittamaan suunnitteluautomaatin käyttöönotto ja testausvaihe, jonka aikana ensimmäiset laitetoimitusprojektit toteutettaisiin uudella järjestelmällä. Lisäksi heinäkuussa 2010 laadittaisiin dokumentaatio ja käyttöohjeet suunnitteluautomaatista suunnittelijoiden perehdyttämistä varten. Lopullinen tavoite oli saada projekti päätökseen ja suunnitteluautomaatti valmiiksi heinä-elokuun vaihteessa 2010. Varsinainen perehdytys käyttäjille uuteen järjestelmään ajoitettiin järjestettäväksi elokuussa, kun kesälomat yrityksessä olivat päättyneet.

3.2.3 Tavoitteet

Ensisijaiset tavoitteet suunnittelujärjestelmän ja suunnitteluautomaatin kehittämisessä olivat toiminnan laadun ja tehokkuuden parantaminen ja sen myötä myös taloudellisen kannattavuuden ja tuottavuuden lisääminen. Toiminnan laatu kehittyi inhimillisten virheiden vähentymisen myötä, kun rutiininomaiset tehtävät siirtyvät suunnittelijalta suunnitteluautomaatilla toteutettaviksi. Samalla paranee myös yri-

tyksen laatukuva, kun tuotettavat dokumentit ovat aina samankaltaisia keskenään riippumatta siitä, kuka laitteen on piirtänyt.

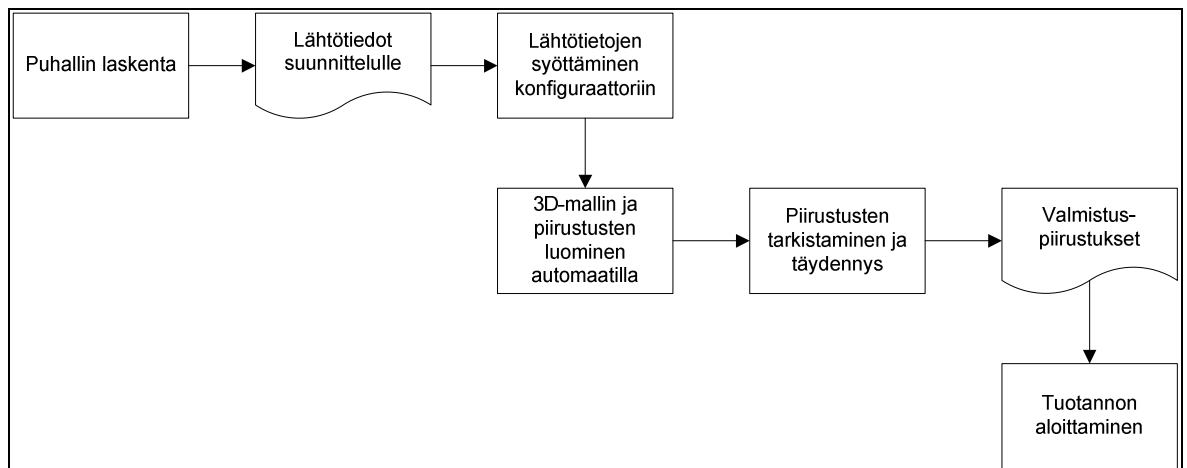
Toiminnan tehokkuuden parantamisen kannalta tärkeintä oli saada yhden laitteen suunnitteluun kuluva aika mahdollisimman lyhyeksi. Tavoitteeksi asetettiin yhden puhaltimen suunnitteluun keskimäärin kuluvan ajan lyhentäminen 3,5 päivästä yhteen työpäivään. Toinen toiminnan tehokkuuteen ja yrityksen laatukuvaan vaikuttava tavoite oli myös tarjoustyöhön liittyvien mittakuvien valmistumisen nopeuttaminen, jotta täydelliset tarjoukset saataisiin valmisteltua ja lähetettyä asiakkaalle riittävän nopeasti.

Taloudellisia tavoitteita olivat suunnitteluajkojen lyhentymisen myötä mahdollisuus myyntivolyymien huomattavaan kasvattamiseen henkilöstöresursseja suunnitteluun merkittävästi lisäämättä ja suunnitteluvirheiden vähenemisen myötä saatavat säästöt epäsuorissa kustannuksissa, joita tehtyjen virheiden korjaaminen tuotantovaiheessa aiheuttaa. Nopeampi suunnittelun läpimenoaika mahdollistaa suuremman määrän toteutuneita laitetoimituksia sekä vapauttaa suunnittelun resursseja myös muihin tehtäviin, kuten tuotekehitykseen.

3.3 Suunnitteluautomaatin toimintaperiaate

3.3.1 Suunnitteluprosessi

Perusajatus suunnitteluautomaatin toiminnasta on luoda valmis 3D-malli ja valmistuspiirustukset automaattisesti lähtö- ja valintatiedot konfiguraattoriin syöttämällä. Kuvion 1 suunnitteluprosessin mukaisesti lähtötiedot saadaan erillisestä puhallinlaskentaohjelmasta sekä asiakkaan ja myyjän erittelemistä vaatimuksista laitteen käyttöolosuhteisiin ja suoritusarvoihin liittyen.

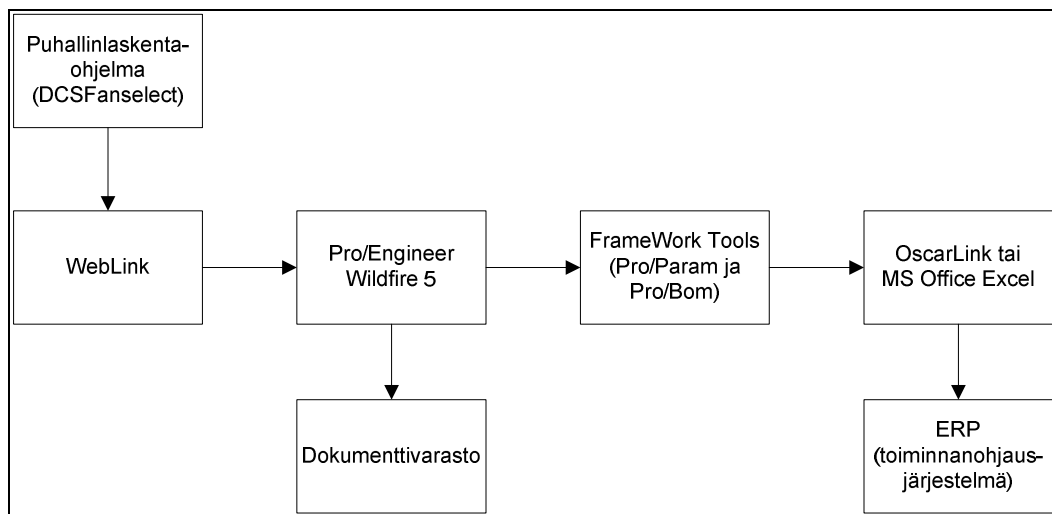


KUVIO 1: Suunnitteluprosessi.

Lähtötietojen syöttämisen jälkeen konfiguraattori siirtää annetut arvot ja parametrit 3D-malleihin ja automaatti luo niistä halutun kaltaisen puhaltimen sekä sen valmistuspiirustukset. Kun malli on valmis, suunnittelija tarkistaa piirustusten ja mallin oikeellisuuden sekä muokkaa niitä tarpeen mukaan. Automaatin luoma malli on edelleen täysin suunnittelijan muokattavissa, koska kaikkia erikoistapauksia ei voida automaattissa huomioida. Kun malli ja piirustukset ovat valmiit, suunnittelija siirtää laitteen rakenteen toiminnanohjausjärjestelmään ja luodut dokumentit sekä piirustukset tuotannon ja oston käytettäväksi.

3.3.2 Ohjelmistoympäristö

Suunnitteluautomaatti rakentuu suunnitteluohjelmistoksi valitun Pro/Engineer Wildfire 5:n ympärille. Toimiakseen automaatti tarvitsee kuitenkin joukon lisäohjelmia, jotka tukevat kokonaisuutta. Kuviossa 2 on kuvattu ohjelmistoja ja niiden riippuvuutta toisistaan.



KUVIO 2. Suunnittelu ympäristö.

Suunnitteluautomaatin tarvitsemat 3D-mallit ja piirustukset luodaan Pro/Engineer-ohjelmistolla lukuun ottamatta komponenttien toimittajilta saatavia valmiita 3D-malleja, kuten esimerkiksi sähkömoottoreita. Konfiguraattorina toimii WebLink-ohjelmisto, jolla syötetään halutut arvot ja parametrit Pro/Engineerillä luotuihin malleihin. WebLink:ä varten on luotava sääntötiedostot, joilla määritetään mallit, joihin parametrit luetaan ja miten eri osat paikoitetaan kokoonpanoihin. Kyseiset sääntötiedostot ovat perustekstitiedostoja, jotka luodaan esimerkiksi Notepad-ohjelmistolla. Käyttöliittymä WebLink-ohjelmistolle on verkkoselainpohjainen ja sen muokkaamiseen soveltuvat useat eri selaineditorit, kuten esimerkiksi Seamonkey Composer.

Dokumenttivarastoa voidaan hallita PDM-järjestelmällä, jolla ylläpidetään eri dokumenttien versioita ja julkaisua, mutta Dust Control Systemsissä päädyttiin tässä vaiheessa kustannussyistä ratkaisuun, jossa toimitaan ilman dokumenttien hallin-

taohjelmistoa. Toimiminen ilman dokumenttienhallintaohjelmistoa on tämän kokouksessa yrityksessä hyvin mahdollista, kun dokumenttien hallinta on ohjeistettu hyvin ja tarve aiemmissa projekteissa luotujen dokumenttien uudelleen käyttämiseen on erittäin vähäinen. Mahdollisuus dokumenttienhallintaohjelmiston käyttöön ottoon myöhemmin on kuitenkin olemassa ja se tulee varmasti ajankohtaiseksi jossain vaiheessa yrityksen kasvaessa.

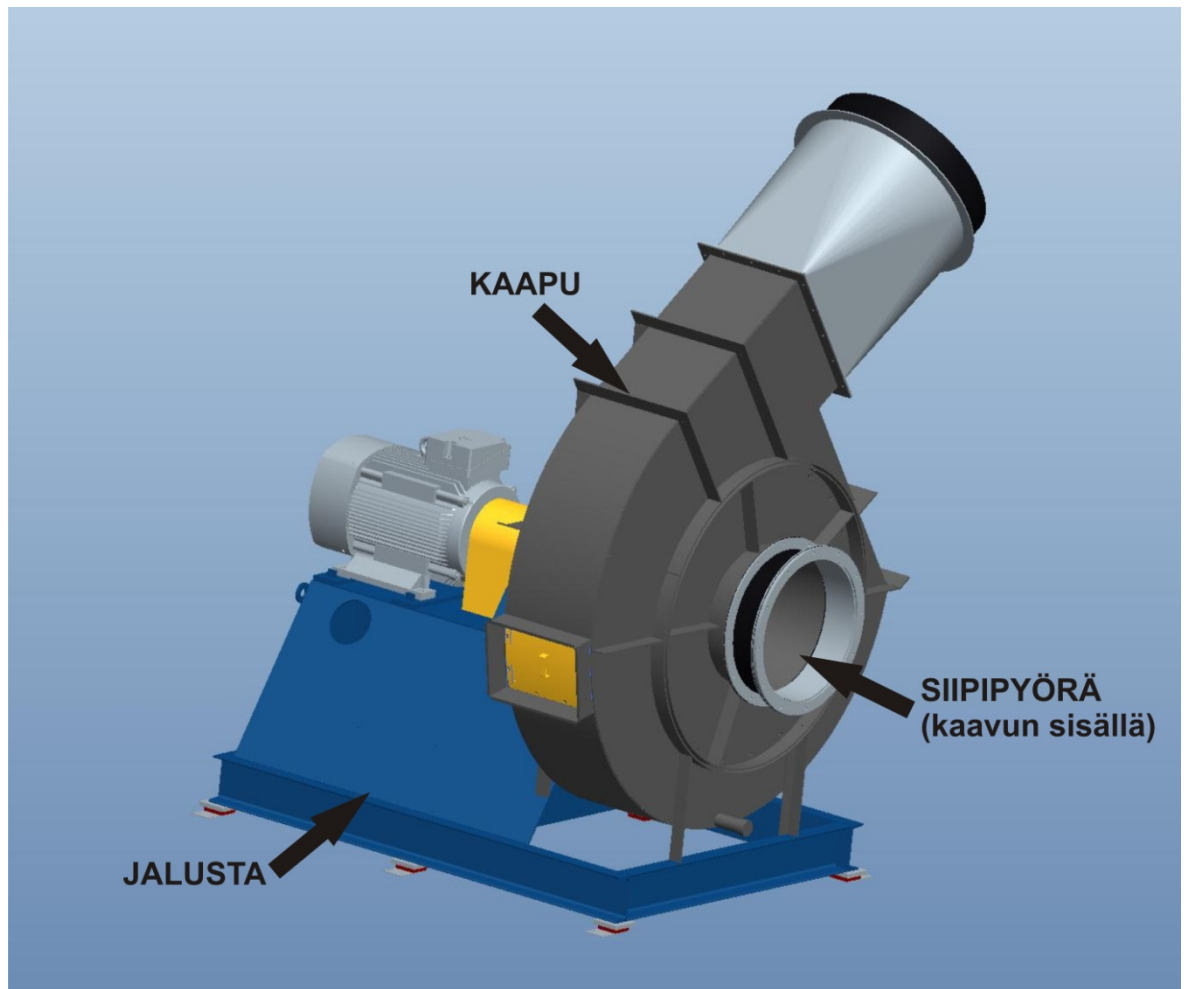
FrameWork tools -ohjelmat liittyvät pitkälti myös dokumenttien hallintaan. Niillä luodaan eri osille ja piirustuksille nimikkeet, numerot, arvot ja parametrit, joita niissä tarvitaan tietojen siirtämisessä toiminnanohjausjärjestelmään. Pro/Param on ohjelma, jolla luodaan nimiketietoja osille ja piirustuksille koostetusti. Pro/Bom on ohjelma, joka koostaa mallista osaluettelot ja rakenteet toiminnanohjausjärjestelmää varten esimerkiksi Excel-muotoisena listana. Pro/Bom-työkalulla voidaan eri osista ja malleista tuottaa myös erilaista lisäarvoa tuovia tietoja, kuten osien leikkaus- ja hitsauspituudet sekä levyosien taivutusten määrät projektin tarjouslaskennan tukemiseksi ja työaikojen kestojen määrittämiseen.

OscarLink on ohjelma, jolla tiedot voidaan siirtää suoraan Pro/E:stä toiminnanohjausjärjestelmään. Dust Control Systemsissä päädyttiin ratkaisuun aloittaa automaattin käyttö kustannus- ja ajankäyttösyistä ilman FrameWork tools- ja OscarLink-ominaisuuksia, koska kyseiset tehtävät pystytään toistaiseksi hoitamaan manuaalisesti ilman, että ne kuluttavat resursseja kohtuuttomasti ja lisäksi kyseiset ominaisuudet ovat kohtuullisen helposti lisättävissä myöhemmin.

3.3.3 3D-mallin rakenne

Puhaltimen pääosat eli alikokoonpanot ovat kuvaan 1 ja kuvaan 2 eritellyt siipipyörä, kaapu ja jalusta. Dust Control Systemsillä on seitsemän puhallinsarjaa ja neljä eri siipipyörätyyppiä, joista koostuu eri käyttötarkoituksiin soveltuvat kombinaatiot. Puhallin on modulaarinen rakenne, joka poikkeaa perinteisesti ajatellusta moduulirakenteesta siten, että suuri osa puhaltimen pääosien mitoista skaalataan suoraan

verrannollisesti siipipyörän halkaisijaan. Käytännössä lähes kaikki puhaltimen alikokoonpanojen osat ovat laitekohtaisia yksittäiskappaleita ja siten jokainen puhaltin on oma käyttötarkoituksensa mukaan räätälöity yksilö.

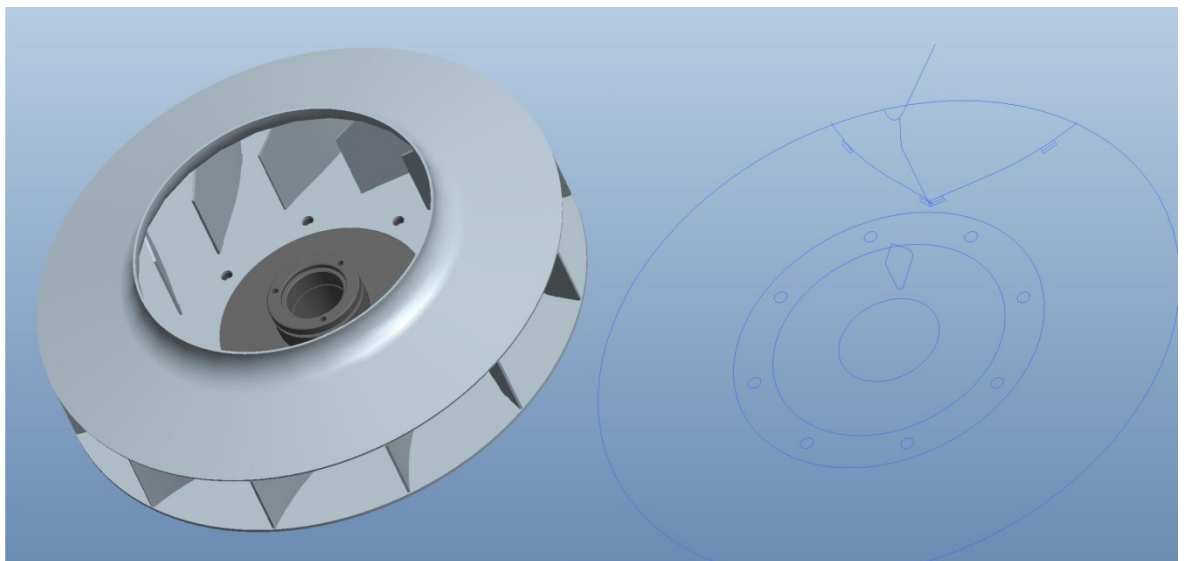


KUVIO 3: Puhaltimen pääosat.

Puhaltimen moduulimainen rakenne mahdollistaa puhaltimen mallintamisen osakokonaisuuksina, jotka eivät ole toisistaan riippuvaisia. Tällöin pystytään pääkokoonpanoon yhdistämään sopivaa tyyppiä olevat siipipyörä, kaapu sekä jalusta ja skaalaamaan ne sitten puhaltimen lähtöarvoja vastaaviksi. Moduulimaisuuden hyödyntäminen puhallinta mallinnettaessa helpottaa huomattavasti myös tuotekehityksen myötä tulevien muutosten lisäämistä malleihin ja suunnitteluautomaattiin.

Puhaltimen 3D-mallin pääkoonpano koostuu alikoonpanoista ja komponenteista. Alikoonpanot eli niin sanotut master-mallit toimivat pohjina, joihin parametrit ja arvot konfiguraattorilla luetaan. Tämän jälkeen automaatti liittää mastermallista muokatun alikoonpanon puhaltimen pääkoonpanoon annettujen ehtojen mukaisesti..

Master-mallit mallinnetaan ja niiden sisältämät relaatiot syötetään siten, että niiden skaalaaminen onnistuu kaikkien eri variaatioiden voimassa ollessa. Suurin osa relaatioista syötetään niin sanottuun skeleton malliin, jonka päälle varsinainen koonpano mallinnetaan (esimerkki siipipyörän koonpanosta ja skeletonista kuvassa 2). Skeletonia ohjaamalla skaalataan mm. laitteen äärimitat. Lisäksi suurin osa yksittäisistä osista paikoitetaan skeletoniin, jolloin ei synny mallin myöhempää muokkaamista vaikeuttavia riippuvuuksia eri osien välille. Skeletonien käyttö helpottaa ja nopeuttaa automaatin tekemistä ja etenkin myöhempää muokkaamista.



KUVIO 4: Siipipyörän koonpano ja skeleton.

Automaatilla luodun puhaltimen 3D-mallin muokkaaminen tapahtuu joko annettuja parametreja tai relaatioita muuttamalla tai muokkaamalla manuaalisesti yksittäisiä osia, kuten normaalissa mallintamisessa. Luodusta mallista voidaan haluttaessa myös poistaa kaikki relaatiot, jolloin mallin muokkaaminen manuaalisesti on täysin rajoittamatonta. Tämä mahdollistaa hyvinkin räätälöityjen ratkaisujen toteuttamisen

yksittäisissä projekteissa. Muokattaessa malleja kaikki muutokset päivittyvät automaattisesti kyseisten osien piirustuksiin.

3.4 Projektin eteneminen

3.4.1 Ohjelmiston valinta

Suunnitteluympäristön perustana käytettäväksi suunnitteluohjelmistoksi on tarjolla useita vaihtoehtoja. Jo ohjelmiston valintaprosessin alkuvaiheessa vaihtoehdot rajattiin neljään ohjelmistoon, jotka olivat Pro/Engineer, SolidWorks, Autodesk Inventor ja Vertex. Ohjelmistojen rajaamisen tärkeimmät perusteet olivat Dust Control Systemsin henkilöstön aiempi kokemus kyseisistä ohjelmistoista sekä Recair Oy:ssä yritysvierailun yhteydessä esitelty Vertexin pohjalle rakennettu tuotekonfiguraattori. Myöhemmin ohjelmistonvalintaprosessin edetessä myös Vertex karsiutui vaihtoehtojen joukosta suunnittelijoiden aiemman kokemuksen ja mielipiteiden vaikutuksesta.

Ennen varsinaisten tarjouspyyntöjen jättämistä kuvattiin Dust Control Systemsin suunnitteluprosessit, -toiminnot ja tavoitteet huolellisesti ja pyydettiin valittujen ohjelmistojen toimittajat esittelemään ohjelmistojaan. Kartoittamalla lähtötilanne ja tavoitteet mahdollisimman tarkasti, pystyttiin myös varsinainen, esittelykäyntien jälkeinen tarjouspyyntö muotoilemaan riittävän tarkasti vertailukelpoisten tarjousten saamiseksi valituilta ohjelmistotoimittajilta. Tarjoukset pyydettiin neljältä ohjelmistotoimittajalta kolmesta eri ohjelmistosta.

- Pro/Engineer, Convia Oy
- SolidWorks, CadWorks Oy ja CadON Oy
- Autodesk Inventor, CADi Oy

Tarjousten saapumisen ja pyydettyjen tarkennusten jälkeen ohjelmiston ja toimittajan valinta tehtiin vertailemalla tarjousten sisältöä. Tärkeimmät valintakriteerit oh-

jelmistolisenssien hintojen lisäksi olivat koulutus ja tukipalveluiden hinnat sekä käyttöönottovaiheessa että käyttöönoton jälkeen. Toiminnallisesti kaikki ohjelmistot soveltuivat Dust Control Systemsin tarpeisiin. Verrattaessa kokonaiskustannuksia ohjelmistojen osalta viiden vuoden aikana hankintahetkestä eteenpäin, edullisimman ja kalleimman tarjouksen hintaeroksi muodostui noin 40 000 euroa. Hintaverailussa huomioitiin hankintakustannusten lisäksi vuotuiset ylläpitokustannukset ja tarvittavat koulutukset sekä tukipalveluiden kustannukset. Ohjelmistoksi valittiin lopulta Convia Oy:n edustama Pro/Engineer Wildfire -ohjelmisto sen kokonaisedullisuuden ja kattavimpien tukipalveluiden vuoksi. Lisäksi DCS:n suunnittelijoilla oli Pro/Engineer -ohjelmistosta eniten aiempaa kokemusta, mikä vahvisti valinnan lopullisesti.

3.4.2 Tuoterakenteiden määrittäminen

Tuotteen rakenteen ja osien välisten riippuvuuksien tarkka tunteminen on suunnitteluautomaattia kehitettäessä ehdottoman tärkeää. Jos rakenne ja riippuvuudet eivät ole riittävällä tasolla tiedossa, pitkittyy koko projekti, koska 3D-mallien mallintaminen ja osien relaatioiden syöttäminen vaikeutuu ja hidastuu huomattavasti.

Keskipakopuhaltimien rakenteiden määrittäminen aloitettiin piirtämällä kaaviokuva keskipakopuhaltimen kokoonpanosta. Keskipakopuhallin on rakenteeltaan skaalautuva, moduulimainen laite, jonka kokoonpano koostuu kolmesta pääalikokoonpanosta. Pääalikokoonpanot ovat siipipyörä, kaapu ja jalusta, joiden lisäksi puhaltimen kokoonpano sisältää lisäksi käytön komponentit (moottori ja voimansiirto) sekä lisävarusteet. Puhaltimen kokoonpanon määrittämisen jälkeen piirrettiin alikokoonpanoista vastaavat kaaviot, joihin sisällytettiin samalla myös keskenään vaihtoehtoiset alirakenteet ja osat. Kaavioiden ensimmäisten versioiden valmistuttua yrityksen molemmat suunnittelijat tarkastivat ne ja lisäsivät havaitsemansa puutteet. Tarkistuskierröksen jälkeen kaaviot korjattiin huomattujen puutteiden ja virheiden osalta ja samalla tehtiin myös esikarsintaa harvinaisimpien variaatioiden osalta, jotka päätettiin jättää suunnitteluautomaatin ulkopuolelle.

Keskipakopuhaltimien rakenteiden ja eri variaatioiden kartoittamisen jälkeen määriteltiin eri osien ja alikokoonpanojen väliset riippuvuudet sekä kokoonpanon ulkopuoliset riippuvuudet, kuten puhaltimen käyttöolosuhteiden ja suoritusarvojen vaikutus rakenteeseen, materiaaleihin ja komponenttivalintoihin. Riippuvuuksien määrittäminen oli huomattavasti rakenteiden määrittämistä hankalampaa, johtuen suuresta muuttujien määrästä. Suurin osa riippuvuuksista ja muuttujista saatiin kuitenkin määritettyä jo ennen 3D-mallien mallintamisen aloittamista. Lopullisesti riippuvuudet saatiin määritettyä vasta mallintamisen alettua, kun osien relaatioita määritettiin. Lisäksi rakenteiden ja riippuvuuksien määrittäminen hidasti myös projektin aikana toteutetut tuotekehitystoimenpiteet, joilla puhaltimen rakennetta ja valmistettavuutta parannettiin.

3.4.3 Mallintaminen ja automaatin rakentaminen

Suunnitteluautomaatin kehitysprojektin varsinainen 3D-mallien mallintaminen aloitettiin projektisuunnitelman mukaisesti helmikuussa 2010. Mallintaminen aloitettiin siipipyörien mallintamisella, minkä jälkeen edettiin puhaltimen kaapuihin ja eri jaluustojen eri versioihin. Mallintamisen yhteydessä malleihin syötettiin relaatiot ja parametrit, joita ohjaamalla kyseessä oleva kokoonpano skaalataan puhaltimen koon mukaisesti. Lisäksi samanaikaisesti luotiin osille ja kokoonpanoille niihin liittyvät työkuviin ja osakuviin pohjat valmistusta varten.

Mallintamisen ohessa kehitettiin myös automaattia ja konfiguraattoria, jolla automaatti lukee parametrit malleihin ja yhdistelee niistä puhaltimen kokoonpanon. Konfiguraattori luotiin lisäämällä siihen uusien parametrien ohjaus sitä mukaa, kun niitä malleihin tuli. Sekä mallintamiseen, että ennen kaikkea konfiguraattorin luomiseen saatiin apua ja opastusta ohjelmiston toimittaneelta Convia Oy:ltä, joka lupautui sopimukseen kuuluvan käyttötuen lisäksi avustamaan erityisesti automaatin ja konfiguraattorin kehittämiseen liittyvissä ongelmissa.

3D-mallien luomisessa yksi suurimmista haasteista oli oikean mallintamistavan löytäminen. Muutamien eri kokeilujen jälkeen päädyttiin käyttämään kokoonpanoissa skeletonia, jonka ympärille kaikki osat mallinnettiin. Tällä tavalla saatiin määritettyä eri osien väliset, mallintamistavasta johtuvat, riippuvuudet, jotka aiheuttivat ongelmia, kun mallin parametreja muutettiin.

Kun puhaltimen alikokoonpanot variaatioineen saatiin mallinnettua, oli vuorossa komponenttikirjaston kokoaminen. Osa komponenteista kirjastoon saatiin niiden toimittajilta valmiina 3D-malleina, jolloin niitä ei tarvinnut itse mallintaa. Tällaisia komponentteja olivat mm. laakeriryksiköt, sähkömoottorit ja kytkimet. Puhaltimessa on kuitenkin myös paljon komponentteja, joista ei valmiita malleja ollut saatavilla ja ne täytyi itse kirjastoon mallintaa.

Koko suunnittelujärjestelmäprojektin aikataulun venymisen pääasiallinen syy oli mallintamiseen kuluvan ajan väärin arviointi ja muutokset henkilöstössä toisen Pro/Engineer osaajan erottua yrityksen palveluksesta, mikä johti tilanteeseen, jossa tämä osa projektista jäi yhden suunnittelijan toteutettavaksi. Alun perin mallintamiseen ja automaatin luomiseen varattiin kahden suunnittelijan voimin toteutettuna 3 kuukautta, mutta virhearvioinnista ja resurssimuutoksesta johtuen tämä vaihe projektista valmistui noin 6 kuukautta alkuperäistä aikataulua jäljessä.

3.4.4 Käyttöönotto ja testaus

Suunnitteluautomaatin käyttöönotto- ja testausvaihe päästiin aloittamaan marraskuussa 2010. Yleisestä taloudellisesta tilanteesta johtuen testausvaiheen alkaessa oli puhallintoimituksia varsin vähän ja toimitusajat sen verran pitkällä aikavälillä, että päätettiin suunnitteluautomaatin testaus suorittaa todellisilla laitetoimitusprojekteilla. Käytännössä tämä tarkoitti automaatin ja uuden suunnittelujärjestelmän käyttöönottoa jo tässä vaiheessa, koska suunnittelun työkuormien vuoksi se oli mahdollista näin toteuttaa. Normaalisissa työtilanteissa olisi jouduttu käyttämään jonkin aikaa kahta eri järjestelmää.

Parin ensimmäisen puhaltimen suunnitteluun kului automaattia ja 3D-mallintamista käyttäen noin 5-6 työpäivää puhallinta kohden. Aikaa kului eniten erilaisten automaatissa havaittujen virheiden korjaamiseen ja aikaansaadun tuotoksen oikeellisuuden tarkistamiseen. Seuraavat projektit alkoivat sujua jo huomattavasti nopeammin, kun pahimmat toiminnalliset virheet oli automaatista saatu karsittua pois. Testausvaihe päättyi helmikuussa 2011, kun suunnitteluautomaattia käyttäen oli toteutettu suunnittelu neljälle laitetoimitusprojektille käsittäen 12 puhallinta. Viimeiset 3 puhallinta valmistuivat keskimäärin 2 työpäivän aikana riippuen hieman puhaltimen tyypistä, koosta ja varustelusta.

4 PROJEKTIN TULOSTEN JA TAVOITTEIDEN VERTAILU

Suunnitteluautomaatin kehitysprojektin tavoitteista tärkeimmän eli suunnittelun tuottavuuden osalta saavutettiin tavoitteet jo automaatin käyttöönoton alkuvaiheessa melko hyvin, kun keskimääräiseksi suunnittelun valmistumisajaksi saatiin noin kaksi työpäivää. Tavoite, yksi työpäivä, on mahdollista saavuttaa suunnittelijoiden osaamisen ja rutiinin kehittymisen myötä, automaatin toimintaa vielä hidastavien virheiden korjaamisen ja muutamien vielä toteuttamattomien parannusten jälkeen.

Suunnittelun nopeuden paraneminen projektin aloitushetken 3,5 päivästä kahteen työpäivään tarkoittaa vuotuisen laskennallisen suunnittelukapasiteetin kasvua 125 puhaltimesta noin 220 puhaltimeen. Tämä tarkoittaa noin 75 prosentin lisäystä suunnittelukapasiteetin läpäisykykyyn henkilöstöresursseja suunnitteluun lisäämättä.

Toinen taloudellisesti merkittävä tavoite oli vähentää tuotettujen dokumenttien virheitä ja niistä aiheutuvia ylimääräisiä kustannuksia. Ensimmäisten uudella 3D-suunnittelujärjestelmällä toteutettujen projektien osalta virheitä piirustuksissa havaittiin huomattavasti vähemmän kuin viimeisissä vanhalla järjestelmällä tuotetuissa piirustuksissa. Esimerkiksi ainuttakaan osien epäsopivuuden vuoksi ylimääräisiä kustannuksia tuotannossa aiheuttanutta virhettä ei ensimmäisten projektien osalta havaittu. Myös suunnitteluautomaatin kehitysprojektin aikana toteutetut parannukset laitteen rakenteeseen edesauttoivat tuotantokustannusten alentamista, kun puhaltimen valmistettavuus parani etenkin jalustan ja siipipyörän osalta.

Aikataulu venyi noin kuusi kuukautta arvioidusta tavoiteajasta. Aikataulun venymisestä huolimatta suorat projektiin kohdistuvat kustannukset jäivät budjetoitua kustannuksia pienemmiksi noin 20 000 euroa. Pääasialliset syyt suunniteltua pienempiin kustannuksiin olivat henkilöstökulujen pienentyminen arvioiduista, tarvittujen ohjelmistolisenssien määrän vähentyminen sekä budjetoitua edullisemmat ohjelmistolisenssit etenkin projektinaikaisten ylläpito- ja tukipalveluiden osalta. Epäsuo-

ria suoria kustannuksia, joita projektin myöhästyminen aiheutti, ei pystytä tarkasti arvioimaan. Mikäli suunnitteluautomaatti olisi valmistunut ajoissa, olisi ehkä joiltain myöhästymisen aikana toteutuneiden laitetoimitusten suunnitteluvirheiltä vältytty.

5 SUUNNITTELUAUTOMAATIN JATKOKEHITTÄMINEN

Panostamalla automaatin jatkokehittämiseen on yhden työpäivän suunnittelu-aika puhaltimelle hyvin realistinen tavoite. Ensimmäiset kehityskohteet, joilla nopeuttaa suunnittelun läpimenoa saadaan lisää, ovat työpiirustukset ja liittymäpinta toiminnanohjausjärjestelmän ja suunnittelujärjestelmän välille.

Työpiirustuksiin automaattisesti saatavan informaation lisääminen ja automaattilla valmiimpien työpiirustusten luominen nopeuttaa suunnitteluprosessia huomattavasti. Työpiirustusten lisäksi esimerkiksi levyosien leikkaukseen tarvittavien .dxf-kuvien ja leikkuuohjeiden automaattinen julkaisu ja tulostus vähentävät suunnittelijan manuaalista rutiinityötä.

3D-mallien osalta ensimmäiset kehitystoimet liittyvät materiaalien hallintaan automaattilla sekä ennen kaikkea puhaltimen pääkokoospanon täydentämiseen kirjastokomponenteilla. Täydentämällä puhaltimen kokoonpanoa saadaan muun muassa erilaiset lisävarusteet, laakeriyksiköt ja moottori paikoitettua valmiiksi. Komponenttien lisäksi hitsausten lisääminen malleihin nopeuttaa sekä työpiirustusten luomista että parantaa 3D-mallien laatua. Hitsausten mallintaminen automaattilla varmistaa myös hitsausten oikeanlaisen merkinnän työpiirustuksiin. Hitsausten lisääminen suunnitteluautomaatilla luotaviin malleihin on kuitenkin varsin työläs projekti, joka tulee ajankohtaiseksi vasta myöhemmin.

Suunnittelujärjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän yhteen liittäminen toteutetaan omana projektinaan. Liittäminen toteutetaan hankkimalla sitä varten muutamia lisäosia Pro/Engineer-ohjelmistoon. Liitäntäohjelmien avulla saadaan puhaltimien rakenteet ja uudet osat siirrettyä toiminnanohjausjärjestelmään automaattisesti manuaalisen työvaiheen sijaan.

Muita mahdollisia jatkokehityskohteita ovat dokumenttienhallintajärjestelmän hankinta ja erilaisten suunnitteluohjelmiston ja -järjestelmän tarjoamien lisätoimintojen suurempi hyödyntäminen. Dokumenttien hallinta tulee ajankohtaiseksi, kun yrityk-

sen toiminta kasvaa ja suunnittelijoiden määrä lisääntyy. Muita mahdollisia hyödynnettäviä lisätoimintoja ovat muun muassa leikkaus- ja hitsauspituuksien laskenta suoraan mallista, jolloin valmistuskustannukset saadaan entistä tarkemmin arvioitua, mitä puolestaan voidaan hyödyntää esimerkiksi tarjouslaskennassa ja työkuormitusten suunnittelussa.

6 YHTEENVETO

Suunnitteluautomaatin kehitysprojektissa saavutettiin varsin hyvä lopputulos ja jatkokehitystä ajatellen tilanne on erittäin hyvä. Automaatilla saadaan tuotettua kokoonpano- ja osapiirustukset, kuten alun perin suunniteltiin. Suunnittelun valmistumisaika ei vielä projektin päättyessä saavuttanut tavoitetta, mutta suunnitteluun kuluva aika lyheni kuitenkin tuntuvasti. Tavoiteaikaan pääseminen on myös mahdollista automaattia edelleen kehitettäessä. Merkittävä oli myös suunnittelussa syntyneiden ja tuotannossa vasta ilmenneiden virheiden väheneminen, mikä myös osaltaan parantaa suunnittelun tuottavuutta ja tehokkuutta.

Yksi merkittävä tekijä projektin onnistumisen kannalta oli oikean ohjelmisto toimittajan ja ohjelman valinta. Oikea valinta takasi yhteistyön, joka hyödytti molempia osapuolia. Ohjelmistotoimittaja sai hyvän referenssin onnistuneesta suunnitteluautomaattiprojektista Dust Control Systemsin kokoluokan yrityksessä ja DCS sai parhaan mahdollisen tuen projektinsa läpivientiin. Ohjelmisto olisi periaatteessa voinut olla lähes mikä tahansa parametrinen 3D-suunnitteluohjelmisto, koska vastaava automaatti olisi pystytty toteuttamaan muillakin kuin Pro/Engineer-ohjelmistolla. Ohjelmistoa merkittävämpää on tuki- ja koulutuspalveluiden saataavuus ja hinta.

Projektin aikataulu meni pitkäksi noin puolella vuodella, johon merkittävimpinä syinä olivat väärin arvioitu työmäärä sekä muutokset yrityksen henkilöstössä. Työmäärä 3D-mallien osalta arvioitiin jonkin verran alakanttiin. Lisäksi toinen suunnittelija, jonka alun perin piti mallintamiseen osallistua, siirtyi muihin tehtäviin omaan yritykseensä. Muuten projekti toteutui varsin hyvin suunnitellun mukaisesti.

Oma osaamiseni kasvoi eritoten nykyaikaisen suunnittelujärjestelmän kokonaisuuden hallinnan osalta ja myös valittu suunnitteluohjelmisto tuli opiskeltua varsin perinpohjaisesti. Tulevaisuutta ajatellen projekti kokonaisuudessaan oli mielestäni hyvin kannattava ja opettavainen sekä yritykselle että minulle itselleni.

LÄHTEET

- Autio, A. & Hasari, H. 1999. Koneenpiirustus ammattikorkeakouluille ja teknillisille oppilaitoksille. 1. Uud. p. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- CadWalk 2008. CadOn Oy asiakaslehti. (1)
- Hietikko, E. 2007. Autodesk Inventor. Helsinki: Readme.fi.
- Murtovaara, H. 2010. Automatisointi mullisti 3D-suunnittelun. [Verkkolehtiartikkeli]. HighTech Forum 24.3.2010. [Viitattu 1.4.2011]. Saatavana: <http://www.hightechforum.fi/index.cfm?j=846086>.
- Salminen, P. 1990. Tuotteiden ja toiminnan laadun kehittäminen. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.
- Vertex Systems Oy – Suunnitteluautomaatit. [Verkkosivusto]. Tampere: Vertex Systems Oy. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavana: http://www2.vertex.fi/web/fi/suunn_autom.