



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOHANNES KARJALAINEN
TUOTEKEHITYSPROJEKTIT PK-YRITYKSESSÄ

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kari T. Koski-
nen, yliopistonlehtori Antti Pulkkinen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 13. tammi-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

JOHANNES KARJALAINEN: Tuotekehitysprojektit pk-yrityksessä

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 55 sivua, 2 liitesivua

Tammikuu 2016

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotekehitys

Tarkastajat: professori Kari T. Koskinen, yliopistonlehtori Antti Pulkkinen

Avainsanat: Tuotekehitys, Tuotekehitysprojekti, Projektihallinta

Yrityksen menestyminen rakentuu tuotekehityksen varaan. Tässä työssä tutkittiin pk-yrityksissä suoritettavia tuotekehitysprojekteja, joiden ketjuttaminen muodostaa yrityksessä tehtävän tuotekehityksen. Työ suoritettiin yhteistyössä keskisuuren, pääasiassa kylvölannoittimia valmistavan, konepajateollisuuteen kuuluvan yrityksen kanssa.

Työn tutkimusongelma oli kaksiosainen. Ensin täytyi selvittää, miten pk-yrityksessä tehtäviä tuotekehitysprojekteja voidaan tutkia parhaiten. Tämän jälkeen päästiin varsinaiseen ongelmaan, eli kuinka tuotekehitysprojektien läpivientiä voidaan parantaa. Tutkimusmetodeiksi valikoitui toimintatutkimus ja tarinankerronta. Tutkimus tehtiin toimintatutkimuksena, jossa tutkija osallistuu aktiivisena toimijana kohdeyrityksessä tehtäviin tuotekehitysprojekteihin ja pyrkii parantamaan niitä. Tuotekehitysprosessien dokumentointi suoritetaan tarinankerronnan muodossa työn kvalitatiivisen luonteen takia. Aineistoksi valikoitui kolme erilaista projektia. Ensimmäinen oli vanhan tuotteen päivitys, toinen projekti oli hyvin mekaaninen suunnittelu tehtävä ja kolmas täysin uuden tuotteen kehitys.

Työssä käytiin läpi yleisimpiä tuotekehitysmalleja, joista valittiin pk-yritykselle parhaiten sopiva malli. Tuloksissa yrityksen tapaa toteuttaa tuotekehitysprojekteja vertailtiin mallin antamaan teoreettiseen viitekehitykseen. Vertailussa löytyi selkeitä eroja yrityksen toiminnan ja teoreettisen mallin väliltä. Yrityksessä luotetaan täysin suunnittelijoiden osaamiseen ja käytännön projektijohtaminen on hyvin minimaalista. Tämän seurauksena yrityksessä ei ole yhtä vakiintunutta tapaa tehdä tuotekehitystä, mikä puolestaan aiheuttaa taloudellisia riskejä. Yrityksessä tapahtuvaa tuotekehitystä voidaan parantaa ottamalla sopivia osia mallista käyttöön. Näitä hyödyntämällä yritykseen voidaan luoda oma hallittu käytäntö tuotekehitysprojektien läpivientiin. Työkalujen, kuten projektihallinnan, käyttöön ottaminen edellyttää tulevaisuudessa operatiivisen päällikön nimeämistä ja tiivistä osallistumista tuotekehitykseen.

Lopputuloksena voidaan todeta, että työn tuloksella oli selvästi positiivinen vaikutus yrityksen toiminnan kehittämiseen. Tämän perusteella ei kuitenkaan vielä voida yleistää, että kaikki pk-yritykset hyötyisivät. Potentiaali on olemassa ja asia tarvitsisi jatko-tutkimusta.

ABSTRACT

JOHANNES KARJALAINEN: Product development projects in mid-size company

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 55 pages, 1 Appendix page

January 2016

Master's Degree Programme in Machine Technology

Major: R&D Engineering

Examiner: Professor Kari T. Koskinen, University Lecturer Antti Pulkkinen

Keywords: Product development, product development project, project management

The company's success is based on product development. This is a study of product development projects, which was carried out in mid-size technology company. Constant flow of product development projects creates product development in a company. The study was carried out in co-operation with seed-drill manufacturing medium sized company.

The research problem had two parts. The first part was to figure out the best way to do research on product development projects in a medium sized company. The main problem was improving product development process. Also two different research methods were used to handle these research problems. The research was carried out using action research method. In action research the research worker participates normal routines in company and tries to improve company operations. Storytelling method is used to documentation. Due to qualitative nature of the study, storytelling is the best way to capture the data. Data consist three different projects: facelift-project, mechanical design task and new product development.

The first step was selecting the most suitable product development model for the company. At the results product development model was used for comparing theoretical and actual way to do product development. There were clear differences. Company has a great trust in employers' talents and therefore operational leadership is minimal. The result is hazard product development process, which can cause serious financial consequences. There is a possibility to improve product development by slowly implementing parts of model. As an end result the company will have own product development model, which helps carrying out product development projects in a controlled way. This process will require a presence of operational manager.

As a result the Company got an objective view about product development projects executed in company. The study discovered unknown challenges and made some proposals for improving actions in the company. At the end the study had clearly positive effect on development of company operations. On the other hand, it can't be proven implementing a product development model to have same effect on every other mid-size companies.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Tume-Agri Oy:n kanssa yhteistyössä. Tahdon kiittää koko Tume-Agrin henkilökuntaa, joka otti minut hyvin vastaan ja avusti minua työtä tehdessäni. Erityiskiitokset ansaitsee Tumen suunnittelupäällikkö Heikki Sola, joka tarjosi mahdollisuuden mielenkiintoisen tutkimuksen tekemiseen yrityksessään. Hän muisti vielä yrityksessä suoritetun osuuden päätyttyä kannustaa minua kirjallisen osuuden loppuun saattamisessa.

TTY:n puolelta haluan kiittää työn ohjaajaa, Antti Pulkkista, saadusta tuesta ja opastuksesta tieteellistä tutkimusta tehdessä. Arvostan kovasti myös ymmärrystä työn teon pitkittymistä kohtaan.

Tampereella, 15.2.2016

Johannes Karjalainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuskysymys	2
1.2	Työn rakenne.....	2
2.	TUOTEKEHITYSMALLIT KIRJALLISUUDESSA	4
2.1	Tuotekehitysmallien vertailu ja valinta	4
2.2	Tuotekehityksen työkaluja	9
2.2.1	Vaatimusluettelo	9
2.2.2	Painoarvotaulukko	10
2.2.3	Projektihallinta.....	11
3.	TUTKIMUKSEN METODOLOGIA	15
3.1	Toimintatutkimus	15
3.2	Tarinankerronta	16
3.3	Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti	17
4.	PK-YRITYKSEN TUOTEKEHITYSTOIMINTA.....	18
4.1	Kohdeyritys	18
4.2	Projektit	19
4.3	Nova Combi – projekti.....	20
4.3.1	Lähtökohdat	20
4.3.2	Merkkari.....	25
4.3.3	Konseptointi.....	25
4.3.4	Suunnittelu	26
4.3.5	Ensimmäinen prototyyppi.....	27
4.3.6	Lopullinen malli	28
4.4	Perävaunu-projekti	29
4.4.1	Lähtökohdat	30
4.4.2	Suunnittelu	30
4.4.3	Valmistus	31
4.5	Draco-projekti	31
4.5.1	Lähtökohdat	32
4.5.2	Projektiin liittyminen	33
4.5.3	Toinen prototyyppi.....	33
4.5.4	Suunnittelu	34
4.5.5	Työvoiman lisäys	36
4.5.6	Muotoilu.....	37
4.5.7	Lopullinen prototyyppi	38
4.5.8	Projektin tilanne lopussa	40
5.	PK-YRITYKSEN TUOTEKEHITYKSEN NYKYINEN TILA JA KEHITTÄMINEN	42
5.1	Projektiorganisaatio/ Henkilöstö tuotekehityksessä.....	42

5.1.1	Tuotannon rooli tuotekehityksessä.....	43
5.1.2	Tiimin johtaja.....	44
5.1.3	Muut osallistujat.....	45
5.1.4	PK-yrityksen HR-riskit	45
5.2	Tuotekehitysprojektit	46
5.2.1	Projektin kulku.....	47
5.2.2	Vaatimusluettelon määrittely	48
5.2.3	Projektihallinta.....	49
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	51
6.1	Tume-Agrin tuotekehitys	51
6.2	PK-yritysten tuotekehitys.....	53
6.3	Työn arviointi.....	53
	LÄHTEET.....	55

LIITE 1: VARJOAIKATAULU

KUVALUETTELO

<i>Kuva 2.1. Tuotekehitystiimi [2].....</i>	<i>4</i>
<i>Kuva 2.2. Tuotekehitysprojektien jaottelu [7].....</i>	<i>6</i>
<i>Kuva 2.3. UE:n yleinen malli ja Cooperin stage-gate –malli, mukailten [4],[5].....</i>	<i>7</i>
<i>Kuva 2.4. UE:n systeemin malli ja VDI 2206 V-malli, mukailten [2],[8].....</i>	<i>8</i>
<i>Kuva 2.5. DSM-matriisi [2]</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 2.6. Gantt-kaavio [2]</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 3.1. Toimintatutkimuksen spiraali [13 s.14].....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 4.1. Gantt-kaavio projekteista</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 4.2. Tuotteen elinkaari kuvattuna S-käyrän avulla [20].....</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 4.3. Nova Combi ja Cultipack</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 4.4. Muotoilun kehitys maataloudessa, mukailten [23-27]</i>	<i>37</i>
<i>Kuva 5.1. Draco-projektin organisaatio.....</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 5.2. Draco-projektin kaavio.....</i>	<i>47</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Pk-yritys	Pieni tai keskisuuri yritys
CAD	Computer Aided Design eli tietokone avusteinen suunnittelu
FEM	Finite Element Method eli elementtimenetelmä
Lean	Japanissa kehitetty tuotantofilosofia
ERP	Enterprise Resource Planning eli toiminnanohjausjärjestelmä
DfX	Design for X eli tuotteen suunnittelu X-näkökulmasta

1. JOHDANTO

Suomen lakiin on säädetty, että osakeyhtiön tehtävänä on tuottaa voittoa osakkeenomistajille. Sama periaate pätee myös muissa yhtiömuodoissa ja maissa. Tämän tehtävän täyttääkseen yrityksen on ensimmäiseksi tunnistettava mahdollisten asiakkaiden tarpeet. Asiakastarpeiden perusteella on suunniteltava niihin sopiva tuote mahdollisimman nopeasti. Suunnitteluprosessin aikana on varmistettava tuotteen kilpailukyky mahdollisimman edullisilla tuotantokustannuksilla. Tätä yrityksen sisällä tapahtuvaa toimintaa kutsutaan tuotekehitykseksi. [1],[2]

Markkinoille päästyään tuotteet vanhenevat vähitellen ja myynti kääntyy laskuun. Yrityksen pitkän aikavälin menestyksen takaamiseksi tuotekehitys ei saa jäädä ainutkertaiseksi tapahtumaksi vaan yrityksessä pitää käynnistää jatkuvasti uusia tuotekehitysprojekteja. Projektit voivat olla luonteeltaan erilaisia ja tähdätä esimerkiksi vanhan tuotteen päivitykseen tai täysin uuden tuotteen kehittämiseen. On kuitenkin muistettava, että jokainen aloitettava projekti on riski yritykselle. Onnistuessaan tuotekehitysprojekti takaa yrityksen menestyksen, mutta epäonnistuessaan se voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa konkurssin. Epäonnistunut projekti aiheuttaa suoria tappioita ainakin projektiin käytettyjen resurssien muodossa ja lisäksi mahdollisesti epäsuoria menetyksiä, kuten imago tappiot ja hukattu aika kilpailijoihin verrattuna.

Yrityksessä tehtävä tuotekehitys muodostuu siis useista peräkkäisistä, mutta usein myös rinnakkaisista projekteista, joiden lukumäärä vaihtelee yrityksen koon ja toimialan mukaan. Toistuvien samankaltaisten tuotekehitysprojektien toteuttamiseen on olemassa erilaisia tuotekehitysmalleja, joiden avulla prosessi pystytään vakiinnuttamaan. Vakioitu ja hallittu prosessi takaa suurimman todennäköisyyden päästä haluttuun lopputulokseen riskit minimoiden.

Suuret yritykset kertovat julkisuuteen tavastaan tehdä tuotekehitystä, mutta pk-sektorin yritysten tuotekehitystoiminnasta on vaikeampi saada tietoa. Tämän työn tarkoituksena on selvittää kone- ja metalliteollisuuden pk-yrityksissä tapahtuvan tuotekehityksen tilaa ja pohtia, miten nykyisiä toimintatapoja voisi kehittää. Kone- ja metalliteollisuuden pk-yritysten määrä Suomessa on yli 300 ja ne työllistävät yhteensä yli 40 000 henkeä. Pk-yritykset muodostavat koko Suomen talouden kannalta erittäin merkittävän sektorin ja siihen kuuluvien yritysten kasvun kautta voidaan tulevaisuudessa korvata katoavia työpaikkoja. Kasvuun ja työpaikkojen lisäykseen tarvitaan innovaatioita, joiden kautta saadaan lisää myyntiä ja vientiä ulkomaille. Innovaatiot puolestaan syntyvät laadukkaan ja määrätietoisen tuotekehityksen tuloksena, joten työ on kansantaloudenkin näkökulmasta kiinnostava. [3],[4]

1.1 Tutkimuskysymys

Tämän työn tarkoituksena on tutkia pk-yrityksissä tapahtuvaa tuotekehitystä ja mahdollisia keinoja sen kehittämiseen. Varsinainen tutkimuskysymys jakaantuu neljään eri osaan.

1. Mitä tuotekehityksen toimintamalleja kirjallisuudesta löytyy?
2. Miten tuotekehitys pk-yrityksessä tapahtuu?
3. Miten pk-yrityksen tuotekehitysprosessi vastaa kirjallisuudessa esitettyä?
4. Miten pk-yrityksen tuotekehitystä voisi kehittää?

Työssä lähdetään etsimään vastauksia näihin kysymyksiin yksi kerrallaan edeten järjestyksessä. Ensimmäiseen kysymykseen vastataan kirjallisuuskatsauksen perusteella. Toisen kysymyksen vastaus pohjautuu työssä esitettävään empiriaan. Kahteen viimeiseen vastataan yhdistämällä teoriaa ja empiriaa. Työn rakennetta käsitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa.

1.2 Työn rakenne

Toisessa luvussa suoritetaan katsaus kirjallisuudessa esitettyihin tuotekehityksen toimintamalleihin. Tarkasteltaviksi malleiksi on valittu erilaisia akateemisissa piireissä suosittuja malleja. Mallien esittelyn aikana pohditaan samalla, mikä niistä voisi olla soveltuvin pk-yrityksen käyttöön.

Kolmannessa luvussa esitellään työssä käytettävät tutkimusmenetelmät. Työssä käytetään kahta eri menetelmää. Tutkimus suoritetaan varsinaisesti toimintatutkimuksena. Tarinankerronta valittiin tutkimuksen luonteen takia tutkimusaineiston dokumentoinnissa hyödynnettäväksi.

Neljännessä luvussa esitellään ensin yritystä ja tuotekehitysorganisaatiota, jotta saadaan kuva ympäristöstä, jossa työ toteutetaan. Tämän jälkeen tarkastellaan työn aikana kerättyä tutkimusaineistoa tarinankerronnan muodossa. Aineisto on jaettu kolmeen eri osaan. Kussakin osassa käydään yhden projektin eteneminen läpi alusta loppuun, vaikka ajallisesti projektit olivat osittain päällekkäin. Luvussa keskitytään pääosin vain datan esittelyyn ja analysointi tapahtuu myöhemmin.

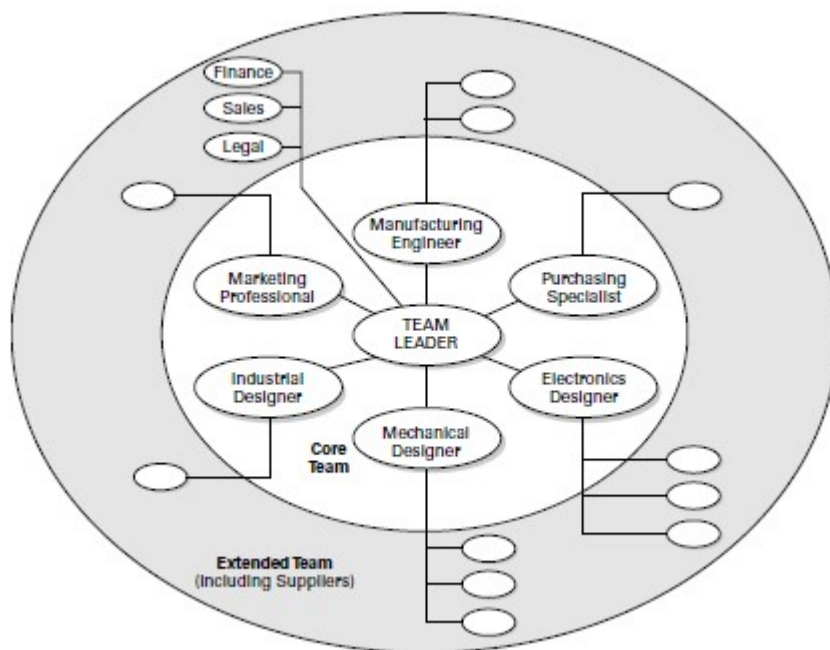
Seuraavassa luvussa analysoidaan projekteista saatua tietoa. Käytännön toimintaa pk-yrityksessä verrataan valitun tuotekehitysmallin tapaan tehdä tuotekehitystä. Ensimmäisenä tarkastelun kohteena on tuotekehitystiimin rakenne ja sen merkitys projekteissa. Sen jälkeen siirrytään tuotekehityksen yleisemmälle tasolle. Siinä pohditaan itse tuotekehitysprosessia sekä tuotekehitystä projektihallinnan näkökulmasta.

Viimeisessä luvussa pohditaan ensin, voisiko kirjallisuudessa esitetyistä tuotekehitysmalleista olla hyötyä käytännön tuotekehitystyössä ja mitä muutoksia pk-yrityksessä

tapahtuvaan tuotekehitykseen mahdollisesti kannattaisi tehdä. Lopuksi arvioidaan työn onnistumista ja aihepiirin tarjoamia jatkotutkimusmahdollisuuksia.

2. TUOTEKEHITYSMALLIT KIRJALLISUUDESSA

Ulrich & Eppinger (UE) on kuvannut elektromekaanisen tuotteen suunnittelutiimin kuvan 2.1 mukaisesti. Kone- ja metalliteollisuudessa valmistettavat tuotteet sopivat edellä mainittuun kategoriaan. Mallissa tuotekehitysprojektilla on ydintiimi, joka on kooltaan pieni ja helposti hallittava. Ydintiimiin kuuluvat tiimin johtaja, suunnittelijat, markkinointi, tuotanto, hankinta ja muotoilu. Varsinainen tuotekehitysprojektiin osallistuvien ihmisten ja yritysten määrä on kuitenkin lähes aina huomattavasti suurempi. [2]



Kuva 2.1. Tuotekehitystiimi [2]

Muita projektin osallistujia kutsutaan UE:n mallissa laajennetuksi tiimiksi. Suurten projektien laajennetun tiimin koko voi olla jopa tuhansia. Laajennettuun tiimiin lasketaan mukaan kaikki, jotka vaikuttavat projektin valmistumiseen. Näitä ryhmiä ovat esimerkiksi alihankkijat, yrityksen ylin johto ja rahoittajat. Tuotekehitysmalleja tarkasteltaessa on pidettävä mielessä tuotekehityksen kokonaisuus ja kaikki osa-alueet, joihin mallit voivat antaa vastauksia.

2.1 Tuotekehitysmallien vertailu ja valinta

Tässä kappaleessa käsitellään työssä hyödynnettävän tuotekehitysmallin valintaa. Tarkasteltavaksi valitaan kolme erilaista tuotekehitysmallia. Mallien valinta suoritetaan siten, että kaikki ovat tieteellisissä piireissä tunnettuja ja erilaisia keskenään. Malleja

vertaillaan taulukossa valittujen kriteereiden perusteella ja parhaiten pärjännyt valitaan työssä käytettäväksi teoreettiseksi viitekehikseksi, jota hyödynnetään tuotekehitysprojekteja tarkasteltaessa.

Ensimmäinen on Karl Ulrichin ja Steven Eppingerin luoma tuotekehitysmalli (UE), josta he ovat kirjoittaneet kirjan *Product design and development* [2]. Kyseinen kirja on erittäin tunnettu ja yleisesti käytetty lähteenä tuotekehitystä käsittelevissä tieteellisissä julkaisuissa. Toiseksi malliksi valitaan Robert Cooperin Stage-gate –malli. Stage-gate –malli on luotu erilaisista lähtökohdista verrattuna UE:n malliin. Ulrich & Eppinger lähtee pohtimaan täydellistä tapaa tehdä tuotekehitystä, kun puolestaan Cooperin mallin perustana on yrityksissä jo käytössä olevat järjestelmät, joiden perusteella hän esittelee oman versionsa tuotekehitysprojektien kulusta [5]. Viimeinen vertailuun otettava malli on Saksassa kehitetty VDI 2206 –standardi. VDI 2206 ei itsessään ole erityisen tunnettu, mutta sen sisältämä V-malli nousee usein esille puhuttaessa monimutkaisten mekaanisten järjestelmien ja ohjelmistotuotteiden kehityksestä. [6]

Mallin valinta suoritetaan käyttäen hyödyksi painoarvotaulukkoa, joka on esitelty Ulrich & Eppingerin teoksessa [2]. Painoarvotaulukkoon sijoitetaan tuotekehitysmallit ja arvioitavat ominaisuudet. Kunkin mallin jokainen ominaisuus pisteytetään yhdestä viiteen, jonka jälkeen saadut pisteet kerrotaan painotuksella ja lasketaan yhteen.

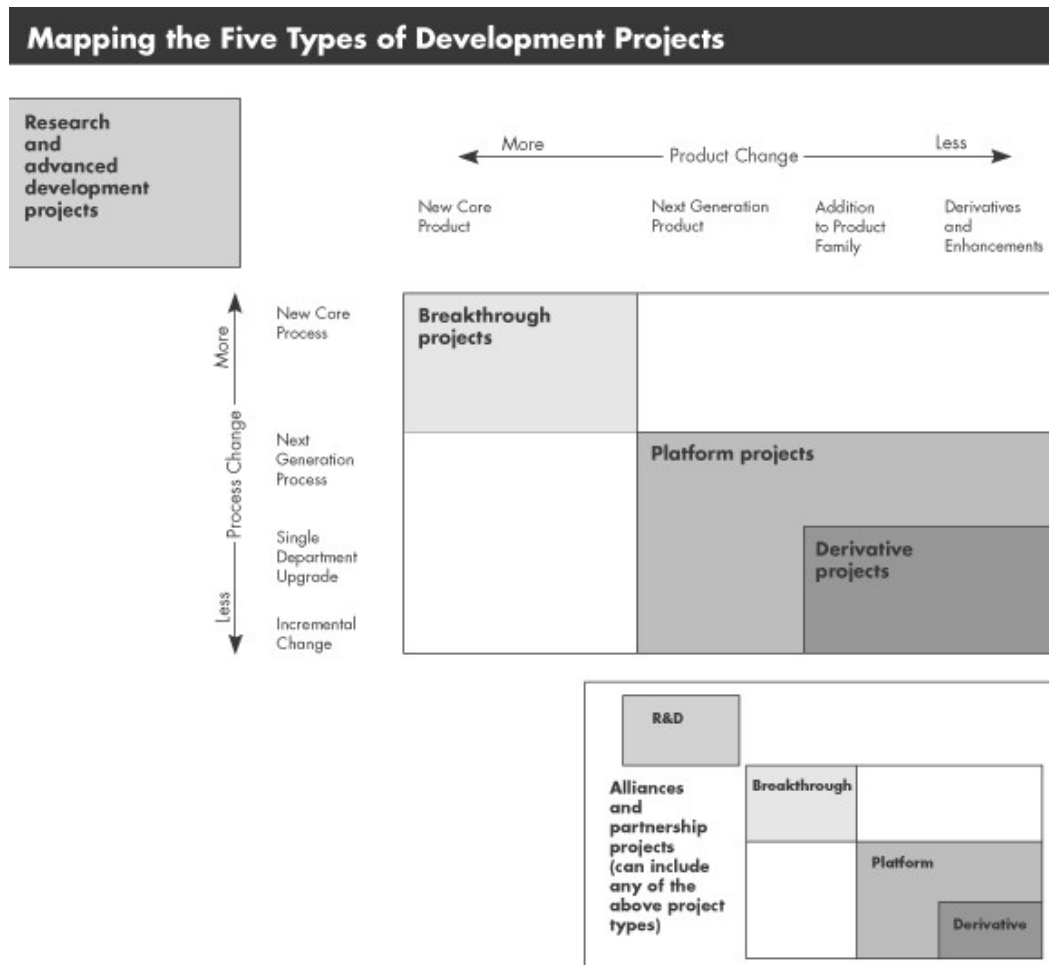
Taulukko 2.1. Painoarvotaulukko

Malli	Tunnettavuus (6)	Laajuus (4)	Käytettävyys (2)	Työkalut (8)	Pisteet
UE	5	4	2	5	90
Cooper stage&gate	3	3	4	1	46
VDI 2206	4	3	4	4	76

Taulukossa 2.1 näkyvät kaikki arvosteluperusteet ja eri mallien saamat pisteet. Ensimmäisenä arvioitavana on tunnettavuus. UE on ollut käytössä vuodesta 1995, jolloin julkaistiin ensimmäinen painos kirjasta *Product design and development*. UE:sta on muotoutunut toinen tuotekehityksen perusteoksista Pahl & Beitz:in teoksen ohella. Robert G. Cooperin luoma Stage-gate -malli on myös yleisesti tunnettu, mutta se ei ole saavuttanut vastaavaa asemaa kuin UE. Syynä tähän on luultavasti samankaltaisuus muiden teorioiden kanssa, jotka tarjoavat laajemman näkemyksen tuotekehityksestä. VDI 2206 on paremmin tunnettu nimellä V-malli, joka kylläkin on vain osa VDI 2206 -standardia. V-malli on toimiva malli fyysisten laitteiden kehittämiseen, mutta se on saavuttanut suuremman suosion ohjelmistokehittäjien parissa. Syy tähän on mahdollisuus hallita rakenteeltaan erittäin monimutkaisten tuotteiden, kuten ohjelmistojen, kehittämistä.

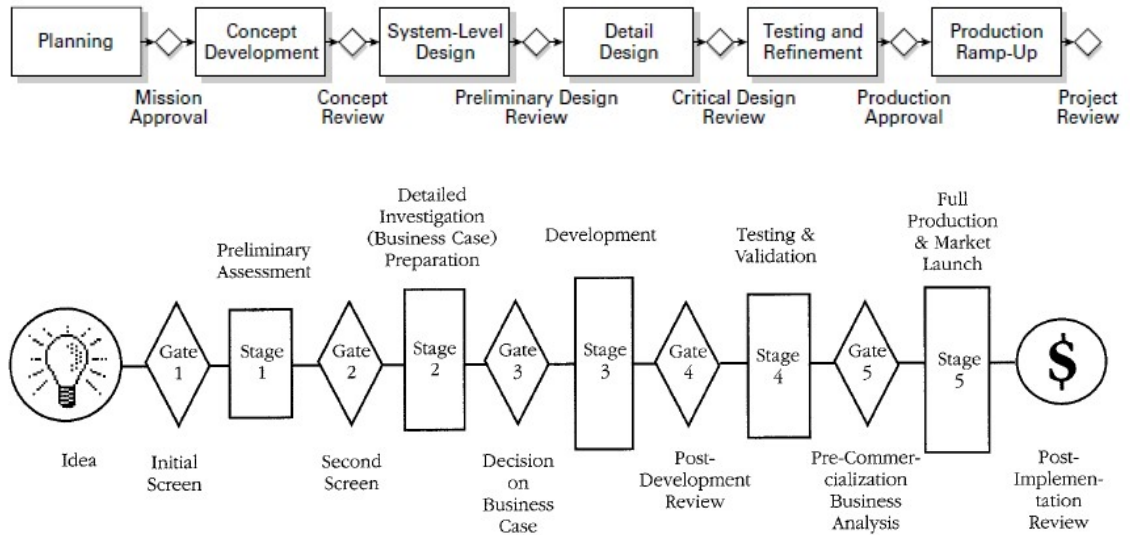
Toinen arvioitava asia on mallin laajuus, joka kertoo, kuinka hyvin malli sopii erilaisiin tuotekehitysprojekteihin. Kohdeyrityksessä on erilaisia tuotekehitysprojekteja pienistä

tuoteparannuksista aina kokonaan uuden tuotteen synnyttäviin projekteihin. Kuvassa 2.2 on nähtävissä erityyppiset projektit sijoitettuna tuotekehityksen kenttään.



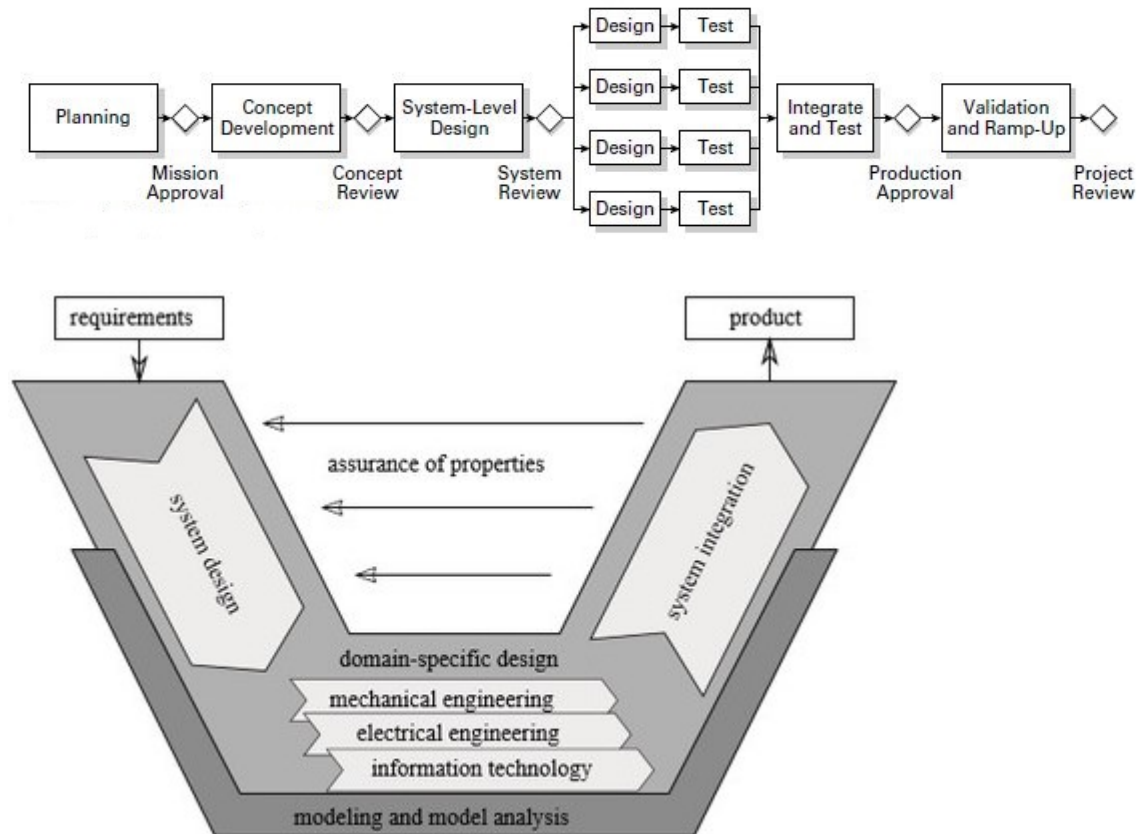
Kuva 2.2. Tuotekehitysprojektien jaottelu [7]

Valittavan mallin on siis hyvä toimia kaikissa kuvassa 2.2 nähtävissä tapauksissa. UE käsittelee laajasti erilaisia tuotekehitystapauksia ja tuo esille näiden välisiä eroja. Kirjassa on esitelty kolme erilaista tuotekehitysprosessin etenemistapaa, joista löytyy yhteneväisyyksiä kahteen muuhun vertailussa olevaan malliin. Kuvassa 2.3 on päällekkäinen UE:n yleinen tuotekehitysprosessi ja Cooperin Stage-gate –malli.



Kuva 2.3. UE:n yleinen malli ja Cooperin stage-gate -malli, mukailten [4],[5]

Molemmissa malleissa on selkeä stage-gate -periaate, jossa on ensin suorittava vaihe, jonka jälkeen tarkastellaan tuloksia. Tulosten tarkastelussa päätetään, päästetäänkö projekti seuraavaan vaiheeseen, palautetaanko edelliseen vaiheeseen vai hylätäänkö kokonaan. Kuvassa alempana olevassa Cooperin mallissa painotetaan ennakkosuunnittelua, kun puolestaan UE:ssä painotetaan varsinaista suunnittelutyötä. Samat vaiheet ovat kuitenkin löydettävissä molemmista malleista. Malleista löytyvät kaikista tuotekehitysmalleista tutut kohdat, jotka on käytävä läpi tuotekehitysprosessissa. Monimutkaisen tuotteen suunnitteluun kyseiset mallit ovat kuitenkin liian suoraviivaisia. Kuvassa 2.4 on esitelty paremmin siihen soveltuvia malleja.



Kuva 2.4. UE:n systeemin malli ja VDI 2206 V-malli, mukailten [2],[8]

Kuvien 2.3 ja 2.4 UE:n prosesseja verratessa erona on kuvassa 2.4 näkyvät useat rinnakkaiset alijärjestelmien suunnittelut. V-mallissa nämä rinnakkaiset suunnittelut on sijoitettu V:n pohjalle. Kun V-malli taivutetaan suoraksi, huomataan, että se vastaa pitkälti UE:n monimutkaisen systeemin mallia. Sekä VDI 2206 että Cooper stage-gate –mallia voidaan soveltaa kaikkiin erilaisiin tuotekehitysprojekteihin, mutta UE tarjoaa kuitenkin parhaan valikoiman erilaisiin projekteihin soveltuvia malleja.

Stage-gate –malli on luotu tarkkailemalla yritysten hyviä toimintatapoja käytännössä ja kirjaamalla niitä ylös. Siitä on muodostunut karkea viitekehys, jota seuraamalla voidaan viedä tuotekehitysprojekteja läpi. Todellisiin projekteihin pohjautuva suppea malli on helppo palauttaa takaisin pienissäkin organisaatioissa tapahtuviin projekteihin, koska se ei ole liian kankea. VDI 2206 on luotu hieman samankaltaiselta pohjalta. Saksalaisten insinöörien järjestö (VDI) on luonut insinöörien käyttöön suunnittelutyötä ohjaavan standardin, joka helpottaa työskentelyä. Standardi poikkeaa paljon Suomessa tunnetuista SFS-standardeista. SFS-standardit ovat lakitekstin tapaisia sääntökirjoja ja ne linkittyvät muihin standardeihin, mikä hankaloittaa tulkintaa. VDI 2206:ssa otetaan suunnitteluprojektista esimerkki ja esitellään standardin toiminta sitä kautta hyvin perusteellisesti ja havainnollisesti. Esimerkki helpottaa huomattavasti standardin käyttöönottoa. UE eroaa kahdesta muusta mallista. Se on selvästi laajempi ja siinä on teoreettisempi lähestymistapa. UE:n kirja sisältää kaiken yksittäisten ongelmien ratkomisesta aina pro-

jektiinhallintaan. Tämän kokonaisuuden käyttöönotto vaatii paljon syvällistä paneutumista asiaan. [2][4-6], [9]

VDI 2206 esittelee tuotekehityksen eri osa-alueille hyödyllisiä ohjelmistoja, kuten FEM, CAD ja simulointityökalut. Työkalujen esittely jää kuitenkin pintapuoliseksi maininnaksi kyseisten ohjelmien olemassaolosta. Eri ohjelmistojen jälleenmyyjät ottavat aktiivisesti yhteyttä yrityksiin ja tulevat mieluusti esittelemään tuotteitaan, joten näiden maininta ei tuo lisäarvoa. Cooper on tarkastellut tuotekehitystä tuotekehitysprojektin hallinnan kannalta, minkä vuoksi mallista ei löydy työkaluja suunnittelijalle. UE puolestaan sisältää useita tuotekehityksessä hyödyllisiä työkaluja. Näitä työkaluja hyödynnetään esimerkiksi konseptin valintaan sekä projektihallintaan. Seuraavassa luvussa käsitellään tarkemmin valituksi tulleesta UE:sta löytyviä työkaluja ja niiden käyttöä. [2],[5],[9]

2.2 Tuotekehityksen työkaluja

Kaikissa tuotekehitysmalleissa käydään läpi ainakin tuotekehitysprojektin tärkeimmät vaiheet. Malleissa osa vaiheista saatetaan ohittaa toteamalla, että kyseisessä vaiheessa kehitetään tuote tai valitaan paras konsepti. Nämä mallit jättävät suunnittelijan tyhjän päälle eivätkä tarjoa käytännön ohjeita kyseisen vaiheen toteuttamiseen. Ulrich & Eppingerin malli valikoitui käytettäväksi, koska se sisältää useita suunnittelun työkaluja, joita voidaan mahdollisesti hyödyntää myös kohdeyrityksessä.

2.2.1 Vaatimusluettelo

Vaatimusluettelo luodaan tuotekehitysprojektin alussa, jotta saadaan selville, mitä kehitettävältä tuotteelta vaaditaan. Vaatimusluettelon luominen edellyttää asiakkaiden tarpeiden tuntemista. Asiakastarpeita voi selvittää esimerkiksi haastattelemalla vastaavien tuotteiden käyttäjiä. Asiakkaat ilmaisevat tarpeita ja toiveita omasta näkökulmastaan, eivätkä välttämättä osaa ilmaista oikein, mitä he todellisuudessa toivovat. Asiakas saattaa esimerkkiyrityksen tapauksessa sanoa, että kylvökoneen suojaressun aukaiseminen pitäisi olla helpompaa. Todellisuudessa asiakas kuitenkin haluaa, että kylvökoneen täyttäminen on nopeampaa. Erolla on suuri merkitys suunnittelussa. Asiakkaan versiossa on sisäänrakennettu ajatus, että kylvökoneessa täytyy olla pressu suojaamassa säiliötä, mikä rajoittaa turhaan suunnittelua. [2 s.91-93]

Taulukko 2.2. Esimerkki asiakasvaatimuksista [4 s.93]

No.		Need	Imp.
1	The suspension	reduces vibration to the hands.	3
2	The suspension	allows easy traversal of slow, difficult terrain.	2
3	The suspension	enables high-speed descents on bumpy trails.	5
4	The suspension	allows sensitivity adjustment.	3
5	The suspension	preserves the steering characteristics of the bike.	4
6	The suspension	remains rigid during hard cornering.	4
7	The suspension	is lightweight.	4
8	The suspension	provides stiff mounting points for the brakes.	2
9	The suspension	fits a wide variety of bikes, wheels, and tires.	5
10	The suspension	is easy to install.	1
11	The suspension	works with fenders.	1
12	The suspension	instills pride.	5
13	The suspension	is affordable for an amateur enthusiast.	5
14	The suspension	is not contaminated by water.	5
15	The suspension	is not contaminated by grunge.	5
16	The suspension	can be easily accessed for maintenance.	3
17	The suspension	allows easy replacement of worn parts.	1
18	The suspension	can be maintained with readily available tools.	3
19	The suspension	lasts a long time.	5
20	The suspension	is safe in a crash.	5

Taulukkoon 2.2. on listattu kaikki jousituksen kehittämiseen liittyvät vaatimukset, jotka on luotu asiakkaiden toiveiden perusteella. Jokaiselle vaatimukselle täytyy seuraavassa vaiheessa päättää tapa, jolla vaatimuksen täyttymistä voidaan mitata, ja määrittää mittauksessa sallittu arvo. Jousituksen asentamisen helppoutta voi esimerkiksi mitata asennukseen kuluvalla ajalla, jonka maksimiksi määritetään viisi minuuttia. Keveys punnitaan ja maksimiksi päätetään 2 kg. Sama toistetaan jokaisen vaatimuksen kohdalla. Näin tuotekehityksen aikana voidaan jatkuvasti tarkkailla, että suunniteltu tuote vastaa asetettuja vaatimuksia. Vaatimusluetteloa voidaan myös päivittää tuotekehitysprojektin aikana vastaamaan muuttunutta tilannetta. [2]

Vaatimusluettelosta voidaan käyttää suoraviivaisempaa versiota, jossa ei ole tärkeyskerroimia, jotka on hankala määrittää. Kevennetyssä versiossa kertoimen tilalle sijoitetaan V tai T. V tarkoittaa ehdotonta vaatimusta. Ilman kyseisen vaatimuksen täyttymistä tuotetta ei voida hyväksyä tuotantoon. Jos vaatimuksen kohdalla on merkintä T, kyseessä on toive. Tällöin vaatimus pyritään toteuttamaan mahdollisuuksien rajoissa, mutta tuote voidaan hyväksyä, vaikka vaatimus ei täytyisi.

2.2.2 Painoarvotaulukko

Ulrich & Eppinger esittelevät kirjassaan konseptin valintaa helpottavan painoarvotaulukon. Useiden konseptien välinen vertailu ja arvioiminen objektiivisesti on hankalaa. Valinta on näennäisesti helppo suorittaa tunteen perusteella, jolloin voi tulla tehneeksi

vääriä ratkaisuja. Tehtävä muuttuu vielä hankalammaksi, jos konseptien valintaa suorittaa ryhmä.

Ennen taulukon luomista päätetään, minkä ominaisuuksien perusteella arviointi tehdään. Tyypillisen tuotekehitysprojektin alussa kehitettävälle tuotteelle on tehty vaatimusluettelo. Vaatimusluettelossa on vaatimuksia ja toiveita siitä, mitä ominaisuuksia tuotteen tulisi sisältää. Näin ollen vaatimusluettelo on hyvä lähtökohta painoarvotaulukossa oleville arvosteluperusteille. Taulukossa 2.3 on nähtävissä yksinkertainen esimerkki painoarvotaulukosta. [2]

Taulukko 2.3. Esimerkki painoarvotaulukon käytöstä

	Hinta (20%)	Teho (60%)	Varustelu (20%)	Pisteet
Audi	5	3	3	3,4
BMW	3	5	4	4,4
Mercedes	3	4	5	4

Esimerkkitaulukossa 2.3 suoritetaan kuvitteellista valintaa eri automallien välillä. Arvosteltaviksi ominaisuuksiksi on valittu hinta, teho ja varustelu. Teho on katsottu tärkeimmäksi ominaisuudeksi, joten sille on annettu suurin kerroin. Hinta ja varustelu eivät ole niin tärkeitä, mutta niilläkin on merkitystä, joten kerroin on 20 %. Taulukon muodostamisen jälkeen taulukko käydään sarake kerrallaan läpi ja pisteytetään eri vaihtoehdot. Tämä mahdollistaa yhden ominaisuuden mahdollisimman objektiivisen arvion. Kun kaikki ominaisuudet on arvioitu, lasketaan painotetut pisteet yhteen, jolloin saadaan yhteispisteet. Eniten pisteitä saanut konsepti valitaan jatkokehittelyä varten.

2.2.3 Projektihallinta

Tuotekehitysmalleissa käsitellään tuotekehitysprosessin kulkua ja siihen sisältyviä eri vaiheita. Mallit jättävät projektin käytännön hallinnan usein taka-alalle tai kokonaan väliin, vaikka se on kriittinen osa onnistunutta projektia. Projektin hallittu läpivienti vaatii suunnittelua, aikataulun ja resursseja. Näitä kaikkia täytyy tarkkailla jatkuvasti projektin edetessä ja tehdä tarvittavia muutoksia. Projektihallinnasta on paljon kirjoja ja tieteellisiä julkaisuja. Tässä luvussa käsitellään aiemmin valitun tuotekehitysmallin näkemystä projektihallinnasta.

Tuotekehitysprojekteissa käytetään tavallisesti useampia suunnittelijoita projektin nopeuttamiseksi. Kaikkia suunnittelijoita ei kannata sijoittaa samaan tehtävään, koska tehtävän suorittamisen nopeus ei ole suoraan suhteessa suunnittelijoiden määrään, mihin palataan myöhemmässä kappaleessa. Tällöin täytyy hahmottaa eri tehtävien keskinäiset suhteet. Osa tehtävistä täytyy suorittaa ennen seuraavan aloittamista, osan voi suorittaa rinnakkain ja osa vaatii samanaikaista suorittamista. Tämän vuoksi ensimmäisenä asiana projektissa luodaan work breakdown structure eli WBS. [2]

Nimensä mukaisesti WBS:ssa työ pilkkotaan palasiin. Ensin projekti jaetaan suuriin kokonaisuuksiin, kuten tuotekehitys, tuotanto, markkinointi jne., minkä jälkeen näitä osioita lähdetään pilkkomaan pienempiin palasiin. Projekti kannattaa jakaa mahdollisimman pieniin palasiin, koska tämä helpottaa edistymisen seuraamista ja työvaiheiden keston arviointia. On esimerkiksi hankala arvioida suoraan, miten pitkään tuotteen valmistaminen kestää. Kun työ jaetaan kaikkiin tarvittaviin valmistusvaiheisiin, arviointi helpottuu huomattavasti. [2]

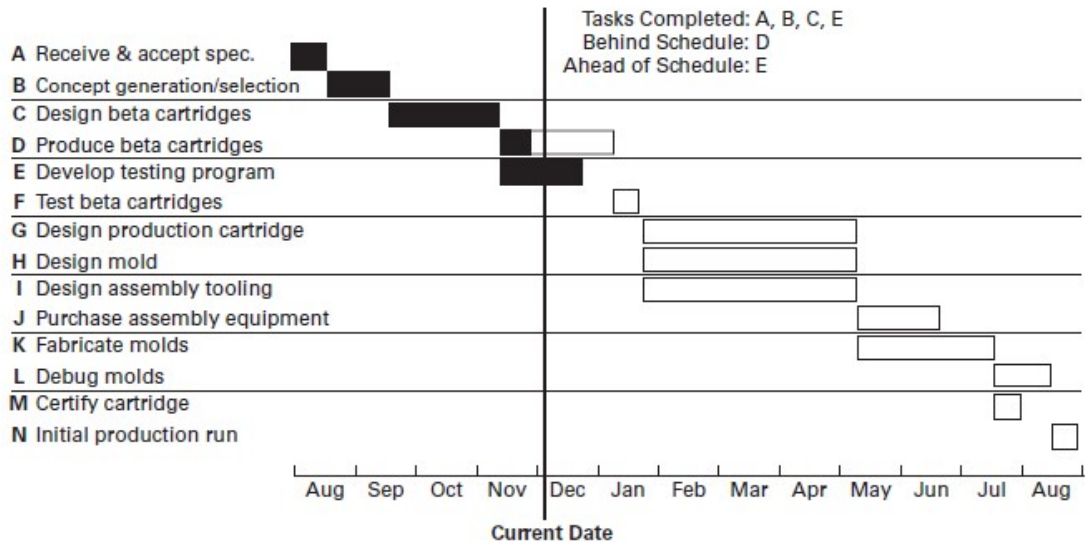
Seuraavassa vaiheessa tehtävät sijoitetaan DSM-matriisiin (design structure matrix), jonka avulla mallinnetaan tehtävien riippuvuudet. Tehtävät sijoitetaan matriisiin vaakaja pystyriveille. Matriisia käydään läpi rivi kerrallaan ja merkitään vaakariveille, mitkä tehtävät täytyy suorittaa ennen kuin kyseisen rivin tehtävä voidaan suorittaa. Matriisin luomiseen on olemassa tietokoneohjelmia, koska iteroituvan matriisin jatkuva korjaaminen käsin olisi hyvin raskasta. Kuvassa 2.5 on esimerkki valmiista matriisista.

Task	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Receive and accept specification	A													
Concept generation/selection	X	B												
Design beta cartridges	X	X	C											
Produce beta cartridges				X	D									
Develop testing program	X	X	X		E									
Test beta cartridges				X	X	X								
Design production cartridge	X	X	X				X	G	X	X				
Design mold	X	X					X	X	H	X				
Design assembly tooling							X	X	I					
Purchase assembly equipment					X		X		X	J				
Fabricate molds								X			K			
Debug molds							X	X			X	L		
Certify cartridge				X							X		M	
Initial production run										X	X	X	N	

Kuva 2.5. DSM-matriisi [2]

Kuvassa 2.5 tehtävät on järjestetty siten, että rastit ovat vasemmassa alanurkassa lukuun ottamatta keskikohtaa. Tässä tilanteessa tehtävät ovat oikeassa suoritusjärjestyksessä. G, H ja I kohdassa rasteja on jäänyt väkisin myös oikealle puolelle. Nämä tehtävät ovat siis toisistaan riippuvaisia ja ne suoritetaan samanaikaisesti.

Tavallisesti projektinhallintatyökaluista, joissa on DSM-työkalu, löytyy myös työkalu Gantt-kaavion luomista varten. DSM-matriisissa olevat tehtävät sijoitetaan samassa järjestyksessä Gantt-kaavioon. Kuvassa 2.6 on luotu kuvan 2.5 DSM-matriisista Gantt-kaavio.



Kuva 2.6. Gantt-kaavio [2]

Kaavio kuvassa 2.6 auttaa hahmottamaan tehtävien kestoja ja projektia kokonaisuutena paremmin kuin aiemmin työkaluna käytetty DSM-matriisi. Yhdistetty tieto tehtävien kestosta ja suoritusjärjestyksestä antaa ensimmäisen arvion projektin valmistumisajasta. Projektin resurssien määrittäminen alkaa tästä vaiheesta. Kaaviossa on oletuksena, että jokaiselle tehtävälle on yksi suorittaja. Todellisuudessa yleensä projektissa on useampia ihmisiä, jotka suorittavat yhden tai useampia tehtäviä. Gantt-kaavioon syötetään käytettävissä olevat henkilöstöresurssit ja resurssit ohjataan eri tehtäviin. Tässä vaiheessa täytyy huolehtia, että mitään resurssia ei käytetä liikaa. Jos saman ihmisen pitäisi hoitaa yksin kuvassa 2.6 näkyvät tehtävät G, H ja I, hän voi tehdä kutakin tehtävää enintään 33 % teholla olettaen, että hän ei tee ylitöitä. Seurauksena olisi projektin valmistumisen myöhästymisen kuudella kuukaudella. Toisaalta, jos projektia halutaan nopeuttaa, samalle tehtävälle voidaan resursoida useampi suorittaja.

Tekijöiden lisäämisen tuoma hyöty on hankala määrittää tarkasti, koska se ei ole suoraan verrannollinen. Lisätyöntekijöiden tuottama hyöty lähenee vähitellen nollaa määrän kasvaessa. Tämä on helppo hahmottaa ajattelemalla laivan rakentamista. Jos laivan rakentamiseen kuluu 1000 henkilötyövuotta, se ei valmistu päivässä, vaikka rakentajia olisi 215 000. Projektihallinnan kirjoissa on esitetty tähän liittyen tarkkoja laskentakaavoja erilaisia tilanteita varten.

Nykyään yrityksissä käytetään paljon alihankintaa, mikä on helppo tapa saada paljon resursseja hetkellisesti. Alihankintaa käytettäessä on huomioitava, että se aiheuttaa ylimääräisiä töitä yrityksen omille työntekijöille perehdytyksen muodossa. Alihankkijan työntekijät eivät ole aluksi yhtä tehokkaita kuin yrityksen omat työntekijät. Perehdytyksen aikana uuden työntekijän tehokkuus kasvaa vähitellen oppimiskäyrän mukaan. Oppimiskäyrän jyrkkyys riippuu paljon työntekijästä ja projektista. Toisaalta tulee huomi-

oida myös vanhojen työntekijöiden sitoutuminen uusien kouluttamiseen, mihin hukkuu tehokasta työaika.

Kun Gantt-kaavio on tehty tietokoneelle projektihallintatyökalulla, sinne voidaan syöttää jokaisen resurssin tuntikustannus. Gantt-kaaviosta saada näin laskettua tuotekehitysprojektiin kohdistuvat työvoimakustannukset tarkasti etukäteen, mikä auttaa projektin johtajaa päätöksenteossa.

3. TUTKIMUKSEN METODOLOGIA

Tuotekehitysprojektia on vaikea tutkia ulkoapäin, vaikka saisi kaiken projektista olevan dokumentaation. Pk-yrityksissä projektista jäävän dokumentaation määrä voi olla hyvin suppea. Uuden tuotteen Cad-mallin ja kokoonpanopiirustusten perusteella on mahdotonta sanoa mitään tuotteeseen johtaneesta prosessista. Suurissa yrityksissä on omat vakiintuneet projektikäytännöt. Näihin käytäntöihin on kirjattu, mitä dokumentteja kunkin projektin vaiheen pitää tuottaa. Tällöin kattavasti dokumentoidun projektin tarkastelu jälkikäteen onnistuu osittain. Projektissa tehdyistä päätöksistä ja perusteluista on kattavat dokumentaatiot, mutta siitä huolimatta osa projektista jää piiloon.

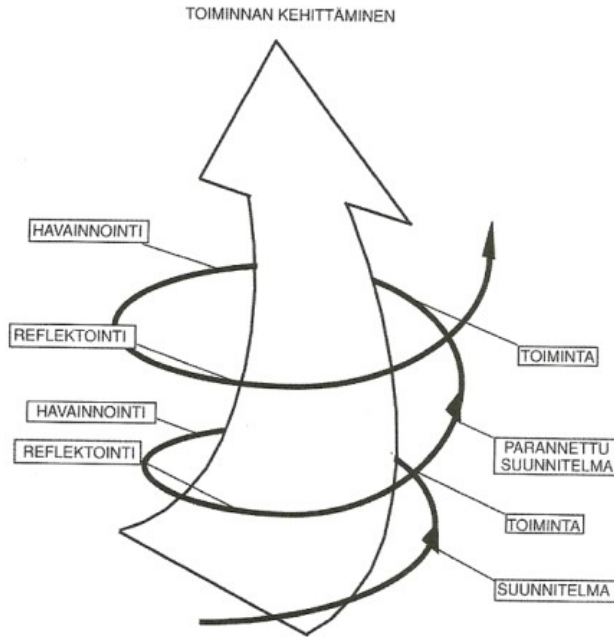
Tuotekehitys mielletään usein mekaaniseksi prosessiksi, joka etenee vaihe vaiheelta eteenpäin. Todellisuudessa tuotekehitys pitää sisällään huomattavan määrän sosiaalista vuorovaikutusta. Eräät tutkimukset jopa käsittelevät tuotekehitystä pelkästään sosiaalisena toimintana. Tässä työssä on tarkoituksena käsitellä tuotekehitysprojekteja mahdollisimman laajasti, joten sosiaalisen elementin huomioiminen on tärkeässä roolissa. [10]

Työssä tutkija osallistuu yrityksen tuotekehitysprojekteihin saadakseen mahdollisimman hyvän kuvan yrityksen toiminnasta, mutta pyrkimyksenä on myös tuotekehitysprosessin parantaminen kilpailukyvyn parantamiseksi. Tutkimusmenetelmäksi on tämän vuoksi valikoitunut toimintatutkimus (Action research), jossa tutkija osallistuu aktiivisena jäsenenä yrityksen toimintaan.

Tuotekehitystä voidaan pitää sosiaalisena toimintana. Sosiaaliseen kanssakäymiseen liittyvien asioiden, kuten ryhmädynamiikan, dokumentointi on haastavaa. Toimintatutkimuksen rinnalle valitaan avuksi toinen tutkimusmenetelmä, tarinankerronta (Storytelling). Tarinankerrontaa hyödyntämällä saadaan dokumentoitua kokonaisuuden kannalta merkittävät asiat TK-prosesseissa. [11 s.7-8]

3.1 Toimintatutkimus

Toimintatutkimuksessa tutkija osallistuu tutkimuksen kohteena olevaan toimintaan aktiivisena toimijana. Tutkimuksen aikana tutkija pyrkii luomaan uutta tietoa toiminnasta sekä samanaikaisesti parantamaan sitä [12]. Toimintatutkimuksen etenemistä kuvaa parhaiten toimintatutkimuksen spiraali.



Kuva 3.1. Toimintatutkimuksen spiraali [13 s.14]

Toimintatutkimuksen yksi kierros muodostuu neljästä eri vaiheesta: suunnitelma, toiminta, havainnointi ja reflektointi. Kierroksia voidaan toistaa loputtomiin, jolloin syntyy toimintatutkimusprosessi, joka tähtää toiminnan jatkuvaan kehittämiseen. Spiraali on suuntaa antava, eikä siihen saa takertua liikaa. Suuresta spiraalista voi lähteä monta pienempää spiraalia, joihin törmätään tutkimusta tehdessä. Toimintatutkimuksesta puhuttaessa on otettava esille sen syntyhetkellä teollisuudessa suosioon noussut Kaizen. Lean-filosofiaan kuuluva Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista, joka tapahtuu prosessin sisällä PDCA-ympyrän avulla. Ympyrässä kierretään loputtomasti vaiheita: Suunnittele, toteuta, tarkista ja reagoi. Yhteneväisyys toimintatutkimuksen kanssa on silmiinpistävä. [14],[15]

Tässä työssä noudatetaan toimintatutkimuksen kaavaa. Ensiksi suunnitellaan, mitä tuotekehitysmallia hyödyntäen yrityksen toimintaa lähdetään parantamaan. Seuraavassa vaiheessa tutkija osallistuu aktiivisena tuotekehitystiimin jäsenenä kolmeen erilaiseen projektiin pyrkien samaan aikaan parantamaan tuotekehitysprosessia. Toiminnan aikana tutkija tarkkailee ja kirjaa jatkuvasti ylös tekemiään havaintoja viimeistä vaihetta varten. Lopuksi analysoidaan toimintaa ja tehdään ehdotuksia toiminnan parantamiseksi, jotka voidaan ottaa käyttöön seuraavassa syklissä. [14]

3.2 Tarinankerronta

Tarinankerronta on ollut tuhansia vuosia yleisin tapa säilöä ja jakaa tietoa. Ensin tarinat liikkivat suusta suuhun kerrottuna, minkä jälkeen niitä alettiin kirjoittaa muistiin ja nykyään tarinat liikkuvat bitteinä internetissä. Modernissa tieteessä tarinankerronta tutkimusmetodinä oli pitkään unohtunut, kunnes muutamat tutkijat ovat hiljattain alkaneet

käyttää sitä. Esimerkiksi Peter Lloyd käsittelee tutkimuksessaan tarinankerronnan hyödyntämistä tuotekehityksen tutkimisessa. [16], [10]

Tarinankerrontaa vierastetaan, koska se ei ole tieteellistä muodollista tekstiä. Tarina on aina väritynyt totuus, joka on erilainen kirjoittajasta riippuen. Tarinankerronnalla voidaan kuitenkin siirtää erittäin arvokasta tietoa, jota muilla tutkimuksen keinoilla on hankala välittää. Tarinassa oleva tärkeä tieto voidaan siivilöidä esille jälkikäteen analysointia varten. [11 s.7-8]

Ferguson on todennut, että tuotekehitysprosessi on sosiaalinen prosessi. Tuotekehityksen lopputulokseen vaikuttaa suuresti ryhmän sisällä käytävät epäviralliset neuvottelut, keskustelut, juoruilu, vitsailu ja muut vastaavat ihmisten kanssakäymiseen liittyvät asiat. Edellä mainittujen asioiden dokumentointi on hankalaa perinteisillä teknillisten tieteiden kvantitatiivisilla keinoilla. [17]

Työssä käytetään tarinankerrontaa sosiaalisen prosessin taltioimiseksi, mikä tarkoittaa tuotekehitysprosessin dokumentointia tarinan muotoon. Tarina muodostaa raakadataa, jonka pohjalta voidaan jälkikäteen tutkia sekä tuotekehityksen sosiaalista että perinteistä prosessimalleihin perustuvaa puolta.

3.3 Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti

Käsitteillä reliabiliteetti ja validiteetti kuvataan tutkimuksen luotettavuutta. Reliabiliteetilla viitataan tutkimusmenetelmän kykyyn antaa johdonmukaisia tuloksia, jotka eivät siis ole sattumanvaraisia. Olennaisessa osassa on ajatus, että toinen tutkija pystyy toistamaan tutkimuksen ja päätyään samoilla menetelmillä samoihin tuloksiin. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tämä on haastavaa, sillä kahta samanlaista tutkimustilannetta ei ole mahdollista luoda. Reliabiliteetin lisäämiseksi tutkimuksen empiriaisuus on dokumentoitu tarinankerronnan muotoon, jolloin kerättyä aineistoa tulkitsamalla voidaan päätyä samoihin lopputuloksiin. Kerätyn aineiston sattumanvaraisuutta vähentää empirian keräämiseen käytetty pitkä aika. Käytetty aika varmistaa, että tutkimusympäristö ehtii totuttautua uuteen ihmiseen, jolloin se toimii luonnollisesti. [18]

Laadullisessa tutkimuksessa validiteetilla tarkoitetaan tutkimuksen pätevyyttä. Tutkimuksen pätevyyttä vaarantavat esimerkiksi tutkijan tekemät virheet periaatteiden tai suhteiden tulkinnassa. Tässä työssä suurin riski virheiden syntymiselle on empiriavaiheen tapahtumien dokumentoinnissa. Kokonaisuuden kannalta olennaisia asioita voi jäädä kirjaamatta ylös. Käytössä olevien puutteellisten tietojen pohjalta päädytään virheelliseen lopputulokseen väärän tulkinnan tai puuttuvan tiedon takia. Kaikkea tietoa ei ole mahdollista dokumentoida, mutta tutkimuksessa pyritään huomioimaan myös tuotekehityksen sosiaalista puolta ja dokumentoimaan sitä mahdollisuuksien mukaan. [18]

4. PK-YRITYKSEN TUOTEKEHITYSTOIMINTA

Tässä luvussa käydään läpi työn empiriaosuus. Aluksi esitellään kohdeyritys, jossa toimintatutkimus tapahtuu, minkä jälkeen siirrytään varsinaisiin tuotekehitysprojekteihin. Työn teon aikana osallistuttiin kolmeen erilliseen tuotekehitysprojektiin sekä päivittäiseen tuotekehitystoimintaan, mikä tarkoittaa esimerkiksi vanhojen kokoonpanopiirustusten korjaamista.

4.1 Kohdeyritys

Diplomityö on toteutettu yhteistyössä Tume-Agri Oy:n kanssa, joka on perinteinen maatalouskoneita valmistava yritys Turengissa. Yritys perustettiin alun perin vuonna 1948 asiakastarpeen ajamana. Turengin Sokerille juurikkaita kasvattavilla viljelijöillä ei ollut kunnollisia välineitä juurikkaiden viljelyyn, mistä TurSo löysi markkinaraon. Myöhemmin TurSo ryhtyi valmistamaan myös kylvökoneita. Vuonna 1967 kylvökoneet saivat oman tuotemerkin: TUME, joka on säilynyt tähän päivään asti. Kylvökoneet ovat edelleen TurSosta erkaantuneen Tume-Agri Oy:n ydinliiketoimintaa. Yritys valmistaa kylvökoneiden rinnalla myös kevytmuokkaimia ja perävaunuja. Nykyään yrityksessä työskentelee 70 henkilöä ja vuoden 2013 liikevaihto oli noin 12,5 miljoonaa euroa, millä se sijoittuu pk-yritysten segmenttiin. Kotimaan myynnin osuus liikevaihdosta on noin 30 prosenttia. Lähes yhtä suuri osuus liikevaihdosta tulee Norjan viennistä, joten Norja on luonnollisesti tärkeä alue. Seuraavaksi suurimpia markkina-alueita ovat Ruotsi, Unkari, Baltian maat ja Japani. Tume-Agri Oy:n omistaa toimiva johto, joka painottaa henkilöstön merkitystä yritykselle.

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa Tumen tuotteilla on suuri markkinaosuus, jota on vaikea kasvattaa. Yleinen markkinatilanne on heikentänyt myyntiä kaikilla alueilla, mutta kaksi on kärsinyt muita pahemmin. Norjaan suuntautunut kauppa muodostaa merkittävän osan Tume-Agrin liikevaihdosta ja Norjan talouteen vahvasti vaikuttava öljyn hinnan aleneminen on vaikuttanut ulkomaankauppaan ja siten myös Tume-Agriin. Viennin määrää Venäjälle oli tarkoitus nostaa merkittävästi, mutta Venäjän ruplan arvon romahtaminen on tehnyt viennistä lähes mahdotonta. Näiden markkinoiden hiipumisen paikkaaminen ja kasvun luominen vaatii uusien markkina-alueiden valtaamista Keski-Euroopasta ja nykyisen aseman vahvistamista entisestään. Tämä onnistuu ainoastaan uusien entistä parempien ja eri markkinasegmenteille paremmin soveltuvien tuotteiden kehittämisen kautta.

Tume-Agri on tiedostanut, että tuotekehitys luo pohjan tuotteiden myynnille. Vuonna 2006 päättyi yrityksen mittakaavassa suuri, kolme vuotta kestänyt kehitysprojekti, jonka

tuloksena syntynyt tuote ei saavuttanut tavoiteltuja myyntilukuja. Projektin epäonnistuminen kertoo, että tuotekehitysprojektin aikana on tapahtunut ainakin yksi virhe. Epäonnistunut tuotekehitysprojekti maksaa suoraan tuotekehityskustannuksina sekä menetettynä aikana kilpailijoihin nähden. Markkinoille päätyneet epäonnistuneet tuotteet saattaa heikentää yrityksen imagoa, mikä puolestaan laskee yrityksen muiden tuotteiden myyntiä. Samankaltaisia kehitysprojekteja tullaan käynnistämään myös tulevaisuudessa, joten on tärkeää parantaa prosessia siten, että vastaavat virheet saadaan eliminoitua. Tume pyrki tämän työn avustuksella tuomaan uusia näkemyksiä ja parannuksia tuotteisiin sekä varsinaiseen tuotekehitysprosessiin.

Tumella varsinaiseen tuotekehitysosastoon kuuluu kolme mekaniikkasuunnittelijaa ja yksi automaatio-suunnittelija. Osaston johdosta vastaa Tumen hallituksen puheenjohtaja, joka toimii myös kotimaan myyntipäällikkönä. Nämä ihmiset muodostavat yhdessä Tumella ydintiimin. Yrityksessä pidetään tarpeen mukaan tuotekehityspalavereita. Palaveriin osallistuu tuotekehitysosaston lisäksi tuotekehityspäällikkö ja toimitusjohtaja. Näissä palavereissa käsitellään muilta osastoilta tulleita palautteita, kehityslistalla olevia hankkeita ja nykyisten projektien etenemistä.

Tuotekehitys sijaitsee samoissa tiloissa tuotannon kanssa. Suunnittelijoiden on siten helppo kommunikoida suoraan tuotannon työntekijöiden kanssa. Matala kynnys kommunikoinnille helpottaa DfX-näkökulmien huomioon ottamista. Suunnittelija voi keskustella tuotannon henkilön kanssa, esimerkiksi hitsaajan tai särmääjän, jotka tuntevat parhaiten oman työvaiheensa.

4.2 Projektit

Toimintatutkimuksen aikana osallistutaan kolmeen erilaiseen tuotekehitysprojektiin. Ensimmäinen projekti on vanhan menestystuotteen facelift-projekti (Nova Combi). Menestyvää tuotetta päivitetään, jotta se säilyttää jatkossakin asemansa markkinoilla. Toinen projekti (perävaunu) on hyvin mekaanista suorittamista. Alihankkijalla ostettaville perävaunun rungoille halutaan oma tuote korvaajaksi. Perävaunu on yksinkertainen tuote, josta löytyy hyvin minimaalisia eroja kilpailevien merkkien välillä, joten varsinaisille innovaatioille ei ole tarvetta. Kolmas projekti (Draco) on täysin uuden tuotteen kehittäminen alusta alkaen.

Näiden kolmen projektin aikana päästään tutustumaan yrityksessä erilaisiin versioihin tuotekehitysprojekteista: inkrementaalinen innovaatio, ”mekaaninen suunnittelu” ja täysin uuden tuotteen kehitys. Projektit eroavat toisistaan sisältönsä ja kestoensa puolesta. Kuvassa 4.1 on esitetty eri tehtävät ja niiden kesto Gantt-kaavion muodossa.

ID	Task Name	Start	Finish	2014							2015						
				huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	joulu	tamm	helmi	maa	huhti	touko	
1	Juoksevat asiat	3.9.2012	15.1.2015	[Gantt bar spanning from Sep 2012 to Jan 2015]													
2	Oma osuus	15.10.2014	15.12.2014	[Gantt bar spanning from Oct 2014 to Dec 2014]													
3	Nova Combi	1.5.2014	1.12.2014	[Gantt bar spanning from May 2014 to Dec 2014]													
4	Perävaunu	3.12.2014	13.2.2015	[Gantt bar spanning from Dec 2014 to Feb 2015]													
5	Draco	3.9.2012	29.5.2015	[Gantt bar spanning from Sep 2012 to May 2015]													
6	Oma osallistuminen	13.2.2015	29.5.2015	[Gantt bar spanning from Feb 2015 to May 2015]													

Kuva 4.1. Gantt-kaavio projekteista

Tuotekehitysosastolla hoidettiin juoksevia asioita sekä käynnissä olevaa Draco-projektia tutkimuksen alkaessa. Kuvaan 4.1 on merkitty erillisinä tehtävinä ajanjaksot, jolloin osallistuin itse ennestään jo käynnissä oleviin tehtäviin. Erilaisiin tehtäviin osallistuminen mahdollisti hyvän ja kattavan kuvan saamisen yrityksessä tapahtuvasta tuotekehityksestä. Seuraavissa alaluvuissa kukin projekti on esitetty erikseen tarinankerrontamenetelmää hyödyntäen.

4.3 Nova Combi – projekti

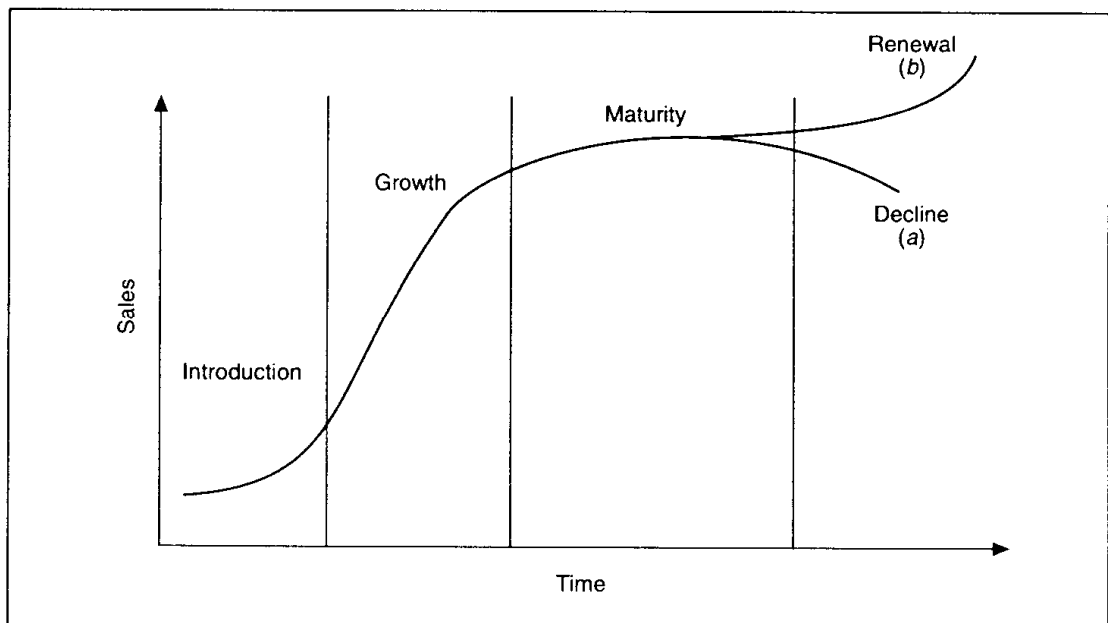
Kohdeyritys on valmistanut tuotevalikoimaansa kuuluvaa Nova Combi-kylvölannoitinta vuodesta 2003. Kone on säilynyt modernina ja kilpailukykyisenä useiden päivitysten ansiosta. Tässä projektissa toteutettu facelift-projekti keskittyi rivimerkitsimien ja vetoaisan uudelleen suunnitteluun, jossa ne päivitettiin vastaamaan tämän päivän vaatimuksia. Tuotekehitys ei ole enää nykyään oma pieni lokeronsa, vaan tuotekehitystä tehtäessä on huomioitava tuotteen elinkaaren kaikki vaiheet DfX-näkökulmien mukaisesti. Projekti toteutettiin siten, että kaikissa päätöksissä pyrittiin huomioimaan mahdollisimman monta DfX-osiota. Projektin tavoitteena oli päivitetyn Nova Combin julkaisu syksyn 2014 messuilla ja ensimmäisten sarjatuotantokoneiden toimitus kevään 2015 kylvöille. Ensimmäinen tavoite oli tuottaa kaksi valmista prototyyppiä: toinen Jyväskylän Kone-Agria messuille ja toinen omaa testikäyttöä varten. Näiden kahden prototyypin avulla voitiin suorittaa verifointia ja validointia. Kone-Agria messuilla kerättiin asiakkaiden mielipiteitä uuden koneen ominaisuuksista ja ulkonäöstä, minkä avulla tarkasteltiin, vastaako valmis tuote markkinoiden toiveita. Omassa käytössä olevalle prototyypille suoritettiin testisuunnitelman mukaiset testit, joiden perusteella voitiin tehdä oma arvio siitä, vastaako uusi kone sille annettuja vaatimuksia.

4.3.1 Lähtökohdat

Vuosituhanen alussa suorakylvö oli hiljattain esitelty tapa tehdä kylvöjä. Kohdeyritys esitteli vuonna 2003 Nova Combi-kylvölannoittimen, jolla vastattiin markkinoille syntyneeseen uuteen kysyntään. Nova Combilla voi kylvää suoraan sänkeen, kevytmuokat-

tuun maahan tai perinteisesti muokattuun maahan. Kyseessä ei ollut ohimenevä ilmiö, vaan suorakylvö ja kevytmuokattuun maahan kylväminen ovat vakiinnuttaneet asemansa etenkin Pohjoismaiden syyskylvöissä. Tällä hetkellä yleisenä trendinä voidaan pitää muokkauksen keventämistä. Syitä muutokseen ovat paineet kustannustehokkuuden lisäämisessä ja muuttuneessa EU-tukipolitiikassa [18]. Näin ollen Nova Combia voidaan pitää erittäin tärkeänä tuotteena kohdeyrityksen tuotevalikoimassa myös tulevaisuuden kannalta.

Nova Combin esittelystä on kulunut jo 12 vuotta. Tänä aikana Nova Combiin on tehty joitain pieniä päivityksiä, mutta ei mitään radikaaleja muutoksia. Tuotteen elinkaarta kuvataan usein kuvassa 4.2 esitetyn S-käyrän avulla, jolla esitetään elinkaaren eri vaiheet. Tuotteen luonteesta riippuen aika tuotteen esittelystä hiipumisvaiheeseen vaihtelee. Älypuhelimien kohdalla hiipuminen saavutetaan jo vuoden jälkeen, kun taas investointihyödykkeellä se voi kestää yli kymmenen vuotta.



Kuva 4.2. Tuotteen elinkaari kuvattuna S-käyrän avulla [20]

Kuvassa 4.2 näkyvät elinkaaren vaiheiden väliset rajat ja kohta, missä tuotteen kohdalla ollaan etenemässä, ovat vaikeita määritellä tarkasti. Nova Combin osalta voidaan sanoa, että on edetty kypsyysvaiheen puolen välin yli, jolloin täytyy päättää, annetaanko tuotteen vähitellen kuihtua pois markkinoilta, vai tehdäänkö tarvittavia uudistuksia. Tuote on yhä teknologisesti kilpailukykyinen, mutta ilman uudistuksia asiakkaiden silmissä vanhan tuotteen houkuttelevuus laskee vähitellen. Älykäs viljely on vähitellen tekemässä läpimurtoa, mutta vielä ei ole tarvetta tehdä koko tuotteen uudistamista, jossa kylvökone pystyisi esimerkiksi keskustelemaan traktorin kanssa ISOBUS-yhteyden välityksellä. Kohdeyritys on pieni ja ketterä yritys, jolla on kyky tarvittaessa räätälöidä tekni-

kan aikaisille omaksujille heidän tarpeitaan vastaavia laitteita. Samalla yrityksellä on mahdollisuus testata myöhemmin sarjatuotantoon tulevia ratkaisuja.

Tässä kehitysprojektissa toteutettavaan faceliftiin päätettiin ottaa kehityskohteiksi kylvökoneen vetoaisa ja merkkarit. Näihin päädyttiin asiakkailta saadun palautteen perusteella. Molemmat ovat normaalissa käyttötilanteessa toimivia, mutta erityisen vaikeissa olosuhteissa saattaa esiintyä haasteita. Vetoaisan ja merkkarien muutoksella voidaan samalla tuoda selvä uudistus koneen ulkonäköön niiden näkyvyyden vuoksi. Tärkeänä tavoitteena on säilyttää osien täydellinen vaihtokelpoisuus. Aiempien mallien omistajat voivat tällöin päivittää koneitaan uusilla osilla ja ennen kaikkea vältetään varaosanimikkeiden määrän kasvu. Projektin läpivientiin resursoitiin yksi suunnittelija.

Projekti alkoi tutustumisella nykyiseen tuotteeseen. Kävin ensin yleisesti läpi koneen toimintaa eri ihmisten kanssa tehtaalla, jonka jälkeen lähdin tutustumaan koneen todelliseen käyttöön asiakkaan luokse kevätkylvöille. Asiakkaan pelot olivat erittäin haasteelliset sekä maalajin että maan muodon takia. Pelloilla on harvinaisen suuria korkeuseroja, jotka vaikeuttavat kylvöä. Suurin korkeusero on 25m kolmen sadan metrin matkalla, joka pitää sisällään erittäin jyrkkiä kohtia. Käytin yhden työpäivän viljelijän luona kuunnellen käyttäjäkokemuksia ja tutustuen kylvössä ilmeneviin ongelmiin. Osan haasteista olin kuullut jo tehtaalla jälkimarkkinoinnilta, mutta viljelijän luona tuli esiin myös uusia kehityskohteita. Mitään suuria ongelmia koneessa ei ollut, vaan kehitysehdotukset painottuivat pienempiin käytettävyyttä parantaviin ehdotuksiin.

Seuraava vaihe oli vaatimuslistan määrittely tuotteelle. Vaatimuslistaan merkitään tuotteelta vaadittavia ja toivottavia ominaisuuksia. Se antaa tuotekehittäjälle suunnan mihin tuotetta tulee kehittää ja toimii loppuvaiheessa verifiointin tukena. Vaatimuslistasta voidaan tarkistaa, että valmis tuote vastaa sitä, mitä oltiin kehittämässä. Sain tuotekehitysjohtolta osittaisen listan vaatimuksista, johon lisäsin itse myöhemmin määrittelemiäni vaatimuksia ja toiveita. Taulukossa 4.2 on esitetty facelift-kehitysprojektin vaatimuslista.

Taulukko 4.1. Nova Combi vaatimuslista

	Vaatimuslista Nova Combi -vetoaisa
Vaatimus	Vaihtokelpoisuus aiempiin koneisiin
	Sopii Titan-kylvölannoittimeen
	Modernin näköinen
	Sopii yhteen lisälaitteiden kanssa
	Robusti rakenne
	Tarjoaa helpon nousumahdollisuuden kylvökoneen etuosaan
	Aisan vaihtoon saa kulua maksimissaan tunti
	Vetoaisan tulee sopia sekä 3m että 4m koneelle
Toive	Ei estä näkyvyyttä vantaistolle
	Suojaa hydrauliletkuja ja sähköjohtoja traktorilta kylvökoneelle
	Vetopään vaihtomahdollisuus

	Vaatimuslista Nova Combi -merkkari
Vaatimus	Vaihtokelpoisuus aiempiin koneisiin
	Modernin näköinen
	Valmistushinta saa nousta max 10%
	Merkkkaus toteutetaan kiekolla, jossa on kulmansäätö
	Merkkari laskeutuu 10m matkalla maahan
	Etäisyysäätö

Vaatimuslista on melko suppea, mikä antaa hyvin laajat valtuudet suunnittelijalle. Suunnittelija pystyy tällöin luomaan jotain täysin uutta. Toisaalta suppea rajausta mahdollistaa hyvin erilaisten tuotteiden suunnittelun, jotka eivät välttämättä vastaakaan haluttua tuotetta.

Seuraavana tuotekehitysprosessissa vuorossa oli kilpailijoiden ratkaisujen kartoitusta. Tutustuin kilpailijoiden koneisiin internetissä, jälleenmyyjien luona sekä OKRA-maatalousmessuilla. OKRA-messut ovat Suomen suurimmat maatalousmessut, joissa on paikalla kaikki suomalaiset maatalousalan toimijat sekä paljon ulkomaalaisia yrityksiä, jotka yrittävät päästä Suomen markkinoille. Messuilla pääsi tutustumaan hyvin markkinoilla oleviin kylvökoneisiin, ja pystyin vertailemaan erilaisia ratkaisuja. Messujen etuna oli, että pääsin tutustumaan myös muihin maatalouskoneisiin. Vaikka maatalouskoneissa on suuria eroja, melkein kaikki koneet ovat kuitenkin lähtökohtaisesti traktorin perässä vedettäviä työkoneita, joten niistä voi saada ideoita, joita voi soveltaa myös kylvökoneisiin.

Aloitin suunnittelun vetoaisasta. Suunnittelun alussa on tärkeää hahmottaa, mitä ollaan kehittämässä ja miksi. Nova Combissa on monitoimivetoaisa, jotta samalla vetoaisalla

voidaan käyttää konetta kaikkien eri lisälaitteiden kanssa. Lisälaitteesta riippuen vetoaisa on välillä normaalia pidempi ja toisinaan se joudutaan taittamaan keskeltä kulmaan kuvan 4.3 mukaisesti.



Kuva 4.3. Nova Combi ja Cultipack

Erilaisten variaatioiden määrä nousee hyvin suureksi, koska lisälaitteiden yhdistelmät aiheuttavat myös omat vaatimuksensa. Kun kaksi lisälaitetta yhdistetään, tarvitaan pidempi vetoaisa, jotta kone mahtuu kääntymään. Taulukossa 4.2 on esitettyä erilaiset käyttötilanteiden variaatiot.

Taulukko 4.2. Variaatiot

	Kylvökone	Pyöränvälilyrä	Etulata	Cultipack
1	x			
2	x	x		
3	x	x	x	
4	x		x	
5	x		x	x
6	x			x

Taulukosta 4.2 nähdään, että Nova Combi 4000 -kylvökoneella on kuusi erilaista käyttötilannetta, joissa vaatimukset vetoaisalle ovat erilaiset. Nova Combi 3000:een saa kaikki samat lisälaitteet, joten se tuplaa käyttötilanteiden määrän 12:sta.

Vetoaisan taitto-ominaisuuteen on panostettu paljon nykyisessä ratkaisussa, ja se sisältyy kaikkiin myytäviin vetoaisoihin. Taitto-ominaisuus on tarpeen ainoastaan silloin, kun käytetään cultipack-muokkainta. Tosin myytävistä vetoaisoista vain noin 5 % päätyy käytettäväksi cultipackin kanssa. Asian toinen puoli on se, että asiakkaan omistaessa kylvökoneen monitoimivetoaisalla, kynnys hankkia cultipack-muokkain myöhemmin kylvökoneeseen on pienempi, koska ei tarvitse ostaa uutta vetoaisaa. Yksinkertaisemman vetoaisan, joka ei sisällä taitto-ominaisuutta, valmistaminen on halvempaa ja luotettavuus on parempi kuin muotoaan muuttavassa vetoaisassa. Kun 95 % valmistettavista vetoaisoista on halvempia ja robustimpia, jäisi mahdollisuus tarjota cultipackin ostajille juuri siihen tarkoitukseen soveltuva vetoaisa ilmaiseksi myyntikatteen kärsimättä. Keskustelun jälkeen kuitenkin todettiin, että halutaan säilyttää nykyisen kaltainen ratkaisu, jossa sama vetoaisan runko käy kaikkiin koneisiin ja vetoaisan päätä vaihtamalla hoidetaan variaatiot.

4.3.2 Merkkari

Merkkarit auttavat viljelijää mahdollisimman hyvän kylvötuloksen aikaansaamisessa. Merkkari muokkaa maata mekaanisesti puolen kylvökoneen leveyden etäisyydellä kylvökoneen reunasta. Viljelijän käännyttyä pellon päässä, peltoon jäänyt jälki näyttää reittiä, mitä pitkin viljelijän tulee ajaa. Kun viljelijä ajaa merkkarin tekemään jälkeä, peltoon ei tule kohtia, jotka olisi jäänyt kylvämättä tai kylvetty kahteen kertaan.

Merkkarin ainut tehtävä on näyttää viljelijälle reittiä, mitä pitkin hänen tulee ajaa. Nykyään suuri osa kasvinsuojeluruiskuista on varustettu ajo-opastimella. Ajo-opastin ohjaa joko suoraan traktoria tai käyttäjää satelliittipaikannuksen avulla oikean ajoreitin varmistamiseksi. Ruiskutuksessa riittää karkea noin 20 cm tarkkuudella tapahtuva paikannus, mutta kylvökoneella 20 cm virhe on jo kriittinen. Tekniikka kehittyy jatkuvasti ja hyvissä olosuhteissa, jolloin on käytössä tarpeeksi satelliitteja, voidaan uusimmilla laitteilla päästä parin sentin tarkkuuteen, mikä olisi riittävä kylvötyöhönkin. Toinen vaihtoehto on omien tukiasemien rakentaminen suurten yhtenäisten peltoalueiden ympärille. Tekniikka mahdollistaa erittäin hyvän tarkkuuden, mutta on liian kallis toteutettavaksi hajanaisille peltoalueille mäkisessä maastossa. [21]

Viljelijöillä teetettiin anonyymi paneelikysely viljelijäprässissä keväällä 2014. Ajo-opastin kyllä kiinnostaa, mutta toistaiseksi liian kovan hinnan ja huonon tarkkuuden vuoksi ajo-opastimen käyttö kylvökoneessa katsotaan vasta tulevaisuuden asiaksi. Tämän vuoksi päädyttiin kehittämään perinteistä mekaanisesti maata merkitsevää versiota. [22]

4.3.3 Konseptointi

Taustatyön tekemisen jälkeen alkoi varsinainen suunnitteluvaihe. Suunnittelu alkoi erilaisten karkeiden skissien teolla, joiden avulla luonnostellaan mahdollisia ratkaisuvaiht

toehtoja. Skisseistä löytyi kaksi selkeää kehityskelpoista vaihtoehtoa, jotka jalostettiin konsepteiksi saakka. Konseptien valinnassa päätetään, mihin suuntaan tuotetta lähdetään kehittämään. Tässä vaiheessa tuotekehityspäällikkö tuli mukaan arvioimaan kahta eri konseptia. Keskustelun jälkeen päädyttiin yksimieliseen ratkaisuun siitä, kumpaa konseptia lähdetään hiomaan valmiiksi tuotteeksi. Ratkaisuun vaikutti uusi valmistustapa, joka pitää sisällään vähemmän hitsausaamaa ja sitä myöden hitsausrobotilla kuluva aika lyhenee. Uusi muotoilu oli myös tärkeä tekijä. Uusi vetoaisa valmistetaan taivuteutuista neliskulmaisista putkipalkeista. Palkkien suuren koon takia taivuttaminen voisi olla vaikeaa tai erittäin kallista, joten ensimmäiseksi selvitettiin ostajan avustuksella, onko kyseinen muoto mahdollista toteuttaa järkevästi. Hintaa ei määritelty tärkeäksi tekijäksi, mutta rajattomasti vetoaisa ei kuitenkaan voi maksaa. Ostaja onneksi löysi Suomesta sopivan alihankkijan, joka lupautui valmistamaan putkia edullisesti.

Merkkarin konseptointiin ei käytetty yhtä paljon aikaa, kuin mitä vetoaisan erilaisten ratkaisujen miettimiseen. Tavoitteena oli saada uutta muotoilua, minkä lisäksi piti poistaa mäkisissä maastoissa huomattu ongelma. Erittäin jyrkässä mäessä ajettaessa merkkarin linkun yläosa ottaa kiinni kylvökoneen runkoon taiton aikana. Kylvökoneessa rajoitettiin jo ennestään taittosylinterin liikettä alaspäin mekaanisella rajoittimella. Näin ollen oli luonnollinen ratkaisu uudistaa rajoitin niin, että se rajoittaa jatkossa myös ylöspäin. Muotoilusta oli tullut selkeä visio jo koneeseen tutustuessa. Uusi ratkaisu tekee merkkarista paremman näköisen, kestävämmän ja helpommin säädettävän.

4.3.4 Suunnittelu

Vetoaisan lujuuden määrittäminen oli erittäin haastavaa. Mitään selkeää vetoaisaan vaikuttavaa voimaa on hankala määrittää. Vetoaisaan kohdistuvaan voimaan vaikuttaa liian monta määrittelemätöntä muuttujaa, jotta järkevää arviota pystyttäisiin antamaan ilman käytännön mittauksia. Mittauksille ei kuitenkaan ollut aikaa, joten piti keksiä toinen tapa selvittää tarvittavaa lujuutta. Valitsin parhaaksi tavaksi ottaa referenssiksi usean vuoden käytössä olleen vetoaisan. Tavoitteena oli, että uusi vetoaisa olisi kestävämpi kuin edellinen. Tehtävänä oli siis ensin mallintaa nykyisen vetoaisan kesto erilaisissa kylvötilanteissa syntyvissä kuormitustilanteissa, jolloin saadaan tarvittavat referenssit. Uusi vetoaisa mitoitettiin Solidworks-simulationin avulla noin 30 % kestävämmäksi verrattuna edelliseen malliin.

Uudessa mallissa on vanhan tavoin kiinteä alku, joka kiinnitetään kylvökoneeseen. Alkuosaan kiinnitetään neljällä tapilla jatkopala. Jatkopala voi olla 4m koneeseen, 3m koneeseen tai Cultipackiin sopiva. Tällöin myöhemmin lisälaitteita hankittaessa, viljelijä joutuu ostamaan vain jatkopalan, eikä kokonaista uutta vetoaisaa. Jatkopalan päähän on tehty Scharmuller- kiinnitysreiät. Scharmuller on maatalouskoneisiin vetopäitä valmistava yritys, jolla on erikokoisia kiinnitysreikästandardeja. Vakiona kylvökoneen mukana toimitetaan vetosilmukka, mutta viljelijä pystyy helposti vaihtamaan toisen vetotavan, kuten esimerkiksi kuulavedon.

Vetoaisasta löytyy myös muita uusia käyttökokemusta parantavia ominaisuuksia. Ensimmäinen näistä on liikuteltavat portaat, jotka helpottavat huoltotasolle nousemista. Portaiden mekanismi on monimutkainen verrattuna kiinteisiin portaisiin, mutta ratkaisuun päädyttiin käytettävyyden takia. Kylvökoneita käännettäessä riippuen käyttäjästä ja traktorista on mahdollista, että portaiden ollessa ala-asennossa, traktorin takarengas törmää niihin. Haluttiin luoda sellainen ratkaisu, että portaat eivät voisi hajota huonoimmassakaan tapauksessa. Toinen selkeä parannus oli letkujen ja johtojen reititys. Letkut ja johdot vedettiin kulkemaan vetoaisan sisällä. Aiemmin letkujen ja johtojen reititys oli mennyt vetoaisan päällä. Lähes poikkeuksetta asiakkaat olivat päätyneet muuttamaan ja parantelemaan letkujen ja sähköjen vetoja. Letkujen vieminen vetoaisan sisällä aiheutti haasteen suunnittelulle. Vetoaisan sisään oli jäätävä tarpeeksi tilaa letkuille, minkä vuoksi aisan osien kiinnitysratkaisua jouduttiin muuttamaan edelliseen versioon nähden. Muita uusia ominaisuuksia vetoaisassa ovat seisontajalka sekä letkuteleline. Letkutelelineen tehtävä on pitää hydrauliletkut puhtaina ja järjestyksessä, kun kylvökone ei ole käytössä.

Merkkareiden suunnittelu oli paljon suoraviivaisempi projekti kuin vetoaisan. Merkkarin varsi koostui ennen kahdesta erillisestä neliöputkesta ja kiinnitysmekanismista. Vanha merkkarin varsirakenne korvattiin yhdellä taivutetulla RHS-putkella, mikä antaa viimeistellymmän vaikutelman. Kiekon kiinnitysratkaisu oli haastava valmistaa. Laakerointi on Nova Combiin suunniteltu ja sisältää paljon osia, mikä on hankalaa valmistuksen kannalta. Ratkaisuksi löytyi toiseen käyttötarkoitukseen suunniteltu osa. SKF valmistaa muokkainten laakerointiratkaisuja, jotka sisältävät laakerit, rungon ja kiinnitykset. Merkkarissa päätettiin hyödyntää muokkainpuolella käytössä olevaa ratkaisua.

4.3.5 Ensimmäinen prototyyppi

Prototyyppiä tehdessä ilmaantui odottamattomia ongelmia. Taivutettujen putkipalkkien tilaus onnistui ja toimituspäivä vahvistui. Osat eivät kuitenkaan saapuneet toimituspäivään mennessä alihankkijalta, jolloin otettiin yhteyttä alihankkijaan. Alihankkija kertoi kohdatuista haasteista, mutta ilmoitti, että osat saataisiin toimitettua kahden viikon kuluessa, eikä jatkossa osien toimituksessa olisi ongelmia. Luvatus ajan kuluttua osia ei edelleenkaan kuulunut ja alihankkijaan otettiin jälleen yhteyttä. Alihankkija kertoi, että ongelmia oli syntynyt lisää ja he joutuisivat tekemään muutoksia, mutta toimitus onnistuisi kahden viikon kuluttua. Kuukausi luvatus ajan jälkeen osia ei edelleenkaan näkynyt, joten jälleen otettiin yhteyttä tavarantoimittajaan. Jälleen kerrottiin, että osat saapuisivat kahden viikon päästä. Tällä kertaa osat saapuivat luvattuna päivänä, mutta niitä ei ollut valmistettu luvatus materiaalista vaan taivutetuista levyistä oli hitsattu kasaan piirustuksen mitoilla oleva putkipalkin näköinen osa. Alihankkija kertoi, että kyseisiä putkia ei saakaan taivutettua. Tällöin deadline puski jo pahasti päälle ja syksyn messuille oli pakko saada uusi kone esille, joten osat käytettiin, mutta välittömästi alkoi työn uuden alihankkijan etsimiseksi. Etsintään käytettiin viikko, mutta alihankkijaa, joka

olisi pystynyt putkien taivutukseen, ei löydetty Suomesta. Ulkomaisia vaihtoehtoja ei selvitetty. Tällöin alkoi suunnittelutyö uuden ratkaisun etsimiseksi. Sen tulisi kuitenkin näyttää samalta, kuin messuilla esiteltävä versio. Tälläkin ratkaisulla oli kiire, sillä keväällä myytävät mallit oli tarkoitus laittaa tuotantoon vain kuukauden päästä messuista.

Messuille menevä kone saatiin ajoissa valmiiksi ja messuille, vaikka aivan viime hetkellä kohdattiin vielä haasteita. Koneeseen suunnitellut turvakaiteet todettiin liian huteriksi. Kaiteet kyllä kestävät, mutta ne joustavat suuren kuormituksen alla. Kiinnityskohtiin suunniteltiin vahvikkeet, jotka poistavat jouston. Prototyyppejä tarkasteltaessa nousi esille kysymys vetoaisan yhteensopivuudesta Titan-kylvökoneeseen. Vaatimuslistassa ei ollut mainintaa yhteensopivuudesta Titaniin, eikä asia ollut noussut esille muissa yrityksissä ennen tätä kertaa. Onneksi vetoaisa sopi suoraan Titaniin ilman mitään muutoksia, sillä kyseessä olisi voinut olla erittäin suuri ongelma.

Messuille lähtiessä koneeseen asennettiin lisävarusteena myytävä etulata, joka sijaitsee vetoaisan alla. Tampereen messuja purettaessa etulata hajosi törmätessään vetoaisan kanssa. Ongelmaa selvitettiin tehtaalla ja todettiin, että etulatassa oli ollut suunnitteluvirhe yli viisi vuotta kenenkään huomaamatta. Kun vetoaisan ja etulatan ajaa ääriasetoihin, niiden liikeradat ovat päällekkäin.

4.3.6 Lopullinen malli

Sopivaksi ratkaisuksi taivutettujen palkkien korvaajaksi valittiin kiireellisellä aikataululla suorat palkit, joiden päälle asennetaan levystä tehty taso, jolla saadaan samaa näköä messuilla esitellyn mallin kanssa. Ratkaisu kuitenkin nosti vetoaisan hintaa huomattavasti ja ulkonäkö kärsi pahasti. Valmistunutta prototyyppeä testatessa todettiin, että portaita täytyy vahvistaa vakuuttavuuden vuoksi. Portaat kyllä kestävät niihin aiheutuvan rasituksen, mutta asiakkailta tulisi luultavasti valituksia. Portaita vahvistettiin niin, että joustoa ei käytännössä huomaa.

Etulatan ja vetoaisan päällekkäisten liikkeiden ongelma oli selvitettävissä asioissa. Tilanne vaati nopean ratkaisun. Vetoaisan muokkaamisella ei saavutettaisi mitään etua, joten päätettiin keskittyä etulataan. Etulatan muokkaaminen ei olisi riittänyt, vaan tilalle olisi vaadittu kokonaan uusi konstruktio. Nykyisellä rakenteella maailmalle oli toimitettu noin 50 etulataa, jotka vaativat korjauksen. 50:n kokonaan uuden etulatan toimitaminen asiakkaille tulisi erittäin kalliiksi ja olisi hankalaa. Tilanteeseen keksittiin yksinkertainen ratkaisu, joka mahdollistaisi edulliset myytyjen tuotteiden korjaukset edullisesti. Etulatan sylinterin kammioiden välille asennetaan paineenrajoitusventtiili. Vetoaisan törmätessä etulataan venttiili aukeaa ja antaa etulatan liikkua vetoaisan mukana, jolloin etulatalle ei aiheudu vaurioita. Paineenrajoitusventtiili on pieni ja halpa osa, joka on helppo toimittaa asiakkaalle.

Kolmas muutettava asia oli "letkulaatikko" ja teline. Tehtaan väen kanssa prototyyppejä testatessa todettiin, että saadut hyödyt olisivat liian vähäiset. Likaa ei koettu tarpeeksi pahaksi ongelmaksi, jotta laatikko olisi tarjonnut merkittävää lisähyötyä. Kyseisen ratkaisun valmistaminen maksaa ja epäiltiin, etteivät asiakkaat tulisi edes hyödyntämään sitä. Lisäksi letkujen vetäminen aisan sisään aiheuttaisi ongelmia tietyn tyyppisissä traktoreissa. Letkujen säilytystä miettiessäni olin myös suunnitellut konseptin, joka olisi erittäin helppo käyttää ja edullinen valmistaa, mutta hylkäsin sen, koska hydraulipika-liittimet altistuisivat siinä lialle säilytyksessä. Nyt oli päätetty, että lika ei olisi olennainen asia, joten kyseinen konsepti päätettiin ottaa käyttöön. Vetoaisan päässä on kannake, jonka läpi kaikki johdot vedetään, jolloin ne tulevat luonnollisessa asennossa kaikkiin traktoreihin. Kannakkeeseen saatiin myös integroitua letkuteline. Aiemmin, kun kylvökone oli irti traktorista, hydrauliliittimet saattoivat olla maassa likaisina. Nyt letkut voidaan kiinnittää pikaliittimistä letkutelineeseen, jolloin ne pysyvät nätissä nipussa puhtaina. Kyseinen letkuteline todettiin erittäin hyväksi ja sitä aiotaan käyttää jatkossa myös muissa kylvökonemalleissa. Vanhan telineen myötä hävisi myös seisontajalka. Uusi ratkaisu seisontajalaksi päätettiin ottaa vanhasta kylvökonemallista.

Samojen osien hyödyntäminen eri koneissa laskee osanumeroiden määrää, mikä helpottaa tuotannon työskentelyä ja jälkimarkkinoita. Samalla myös suunnittelijoilta säästyy aikaa, kun ei tarvitse suunnitella osia uudestaan. Tällä hetkellä käytössä olevien osien hyödyntäminen on kuitenkin haastavaa. Suunnittelijan täytyy tietää osan olemassa olosta ja sen lisäksi tarkka paikka, missä sitä käytetään. Tämän jälkeen osa pitää vielä etsiä joko CAD-malleista tai varaosaluetteloista. Ongelma on pyritty ratkaisemaan Solidworks-käyttäjille suunnatulla Custom tools -ohjelmistolla, jonka avulla voidaan automatisoida toistuvia suunnittelurutiineja. Järjestelmästä on kuitenkin hankala hakea tarvittua osaa. Haasteet johtuvat pääasiassa nimeämiskäytännön puutteesta. Yleistä osaa, kuten tappia, on hankala löytää, koska erilaisia tappeja on nimetty monilla tavoin. Toinen haaste syntyy, jos sopiva osa löytyy järjestelmästä. Järjestelmä ei kerro, onko kyseinen osa tuotantokäytössä, varaosana vai poistunut kokonaan. Osan käyttämisestä ei synny merkittävää hyötyä uuteen verrattuna, jos osa on poistunut jo käytöstä. Suunnittelija joutuu selvittämään ERP-järjestelmän kautta osanumeron tapahtumia ja päättelemään tilanteen.

Vetoaisan kestoa ei ehditty testaamaan. Muuttunut konstruktio on simulaatiossa 70 % kestävämpi kuin edellisessä mallissa ollut vetoaisa, joten testien puuttumista ei yrityksessä nähty ongelmana. Uusi vetoaisa ei aivan vastaa käyttöohjeen lupauksia kestosta, mutta on huomattavasti lähempänä sitä, kuin edellinen versio. Edellinen versioikin on kuitenkin kestänyt riittävän hyvin käytössä, joten uuden kanssa ei pitäisi olla ongelmia.

4.4 Perävaunu-projekti

Kohdeyrityksen viennistä Norjaan suuntautuu noin 20 %, joten Norja on tärkeä markkina-alue. Norjalaiselta jälleenmyyjältä tuli viestiä, että kohdeyrityksen kylvökoneisiin

tyytyväiset asiakkaat kaipaisivat myös perävaunuja. Kohdeyritys päätti vastata kysyntään ja toimitti ensimmäiset perävaunut Norjaan vuonna 2004. Markkinaosuus vakiintui nopeasi noin 10 % vaunumyynnin kokonaisvolyymistä, mutta osuus on pudonnut viime vuosina.

Perävaunut ovat tällä hetkellä käytännössä pelkästään vientituote Norjaan. Periaatteessa niitä myydään myös muille alueille, mutta myyntiin ja markkinointiin ei ole panostettu lainkaan. Esimerkiksi yrityksen kotisivuilta ei löydy mainintaa saatavilla olevista perävaunuista. Pienen volyymin ja matalan hinnan takia ne eivät muodosta merkittävää osaa yrityksen liikevaihdosta.

4.4.1 Lähtökohdat

Traktorin vilja/yleisperävaunu on yksinkertainen ja edullinen tuote. Suomesta löytyy niille useita eri valmistajia kuten Tuhti, Junkkari, Kipa ja Multiva. Kohdeyrityksen perävaunujen rungot hankitaan nykyisin alihankkijalta, joka valmistaa samoista rungoista myös omalla merkillään perävaunuja. Ostettujen runkojen päälle valmistetaan itse tehtaalla erilaisia laitaratkaisuja, kuten viljakärry ja “dumpperi”. Kohdeyrityksen asiakkaat toivovat nykyisten perävaunukokojen rinnalle lisää vaihtoehtoja. Ratkaisuna oli oman perävaunun suunnittelu, josta on saatavilla nykyisten kokojen lisäksi myös uudet asiakkaiden tarvitsemat koot.

Projekti alkoi tutustumalla kilpailijoihin internetissä ja Tampereen konemessuilla (konefoorumi). Kilpailijoita tutkiessa totesin, että perävaunujen välillä on ainoastaan hyvin pieniä eroja, perusrakenteen ollessa sama. Esimerkiksi kippisylinterin kiinnitystapa saattoi olla hieman erilainen, mutta perusratkaisut pysyivät lähes muuttumattomina eri merkkien välillä. Kohdeyrityksenään ei siis kannata keksiä pyörää uudestaan, vaan toimia muiden kaavan mukaan. Otetaan sama perusrakenne kuin kilpailijoilla, ja tehdään pieniä muutoksia. Pohjimmiltaan kyseessä on hyvin mekaaninen projekti, joka on lähinnä mallintamista ja piirustusten luomista varsinaisen suunnittelutyön sijaan.

Projektin tavoitteena on saada täysin oma perävaunu-mallisto. Malliston suunnittelu aloitetaan 10TN-kokoluokan yleiskärrystä, jota voidaan skaalata sekä ylös että alaspäin suhteellisen pienellä suunnittelutyöllä. Projektin läpiviemiseen oli varattu yksi suunnittelija ja aikataulu oli avoin, varsinaista tavoitetta valmistumiselle ei ollut asetettu. Perävaunujen valmistuksesta ei ole vielä tehty päätöksiä. Ne voidaan valmistaa omalla tehtaalla tai vaihtoehtoisesti on mahdollista käyttää perävaunujen valmistamiseen erikoistunutta alihankkijaa.

4.4.2 Suunnittelu

Perävaunun suunnittelu alkoi marraskuun alussa 2014. Ensimmäisenä vaiheena oli työn jakaminen eri osioihin. Kärrystä löytyi neljä selkeää eri osiota: lava, runko, laidat ja teli.

Laitoja ei tarvinnut suunnitella uudestaan, koska kohdeyrityksellä oli jo olemassa omat mallinsa laidoista, ja lava suunnitellaan niihin sopivaksi.

Suunnittelu oli hyvin suoraviivaista, koska epävarmuutta sisältävä konseptointivaihe uupui. Kaikille edellisessä kappaleessa esitellyille osioille löytyi selkeä konsepti, koska markkinoilla oli jokaiseen osioon selkeästi eniten käytössä oleva ratkaisumalli. Valitsin jokaiseen osioon yleisimmän toteutustavan.

Konseptien löytymisen jälkeen seuraavaksi vuorossa oli tarkat suunnitelmat. Tarkoissa suunnitelmissa oli enemmän työtä, vaikka karkea rakenne olikin jo tiedossa. Tavoitteen ollessa selkeä työ sujui kuitenkin ilman suurempia yllätyksiä. Suuret hitsauskokoontamiset suunniteltiin yksi kerrallaan. Ensimmäiseksi mallinnettiin rungon kaikki osat. Osista kasattiin hitsauskokoontamo ja rungon lujuus tarkistettiin, jotta saatiin varmuus tehdyistä arvioista. Telin ja lavan suunnittelu sujui saman kaavan mukaisesti. Perävaunun dokumentaatio oli kokonaisuudessaan valmiina helmikuun puolella välissä.

4.4.3 Valmistus

Perävaunujen valmistuksesta oli käyty keskustelua ulkomaisen alihankkijan kanssa, joka valmistaa perävaunuja omalla merkillään. Perävaunun dokumentaatio toimitettiin valmistumisen jälkeen välittömästi alihankkijalle tarjouksen tekoa varten. Tarjous tuli hyvin pian, mutta sisältö ei vastannut toiveita. Alihankkija moitti piirustuksia ja sanoi rakennetta mahdottomaksi, vaikka oli hyvin tiedossa, että kyseisellä rakenteella valmistetaan jatkuvasti perävaunuja. Ratkaisuksi ehdotettiin suunnittelupalvelujen ostamista heiltä tai mieluummin heidän perävaunun ostamista.

Ryhdyttiin harkitsemaan perävaunujen valmistamista itse, mutta kärryn suuren koon vuoksi se ei ole optimaalinen valmistettavaksi kohdeyrityksen tehtaalla. Tämän vuoksi omakustannehinta ei ole kilpailukykyinen nykyisen alihankkijan hinnan kanssa. Perävaunujen valmistuksen osto on edelleen paras vaihtoehto ja lisäselvityksen alla.

4.5 Draco-projekti

Kohdeyrityksellä on kattava valikoima erilaisiin käyttötarkoituksiin sopivia takapyöräkylvökoneita. Viimeksi esitelty on vuonna 2010 myyntiin tullut Tume Gemini, joka on 6 metriä leveä suorakylvökone. Kyseessä on käytännössä kaksi 3 metriä leveää toisiinsa liitettyä Nova Combia, jotka taittavat 3 metriä leveäksi paketiksi kuljetusta varten. Gemini on hyvin kapean markkinasegmentin laite, koska se on tarkoitettu suurten pintaalojen tehokkaaseen kylvöön. Pienemmillä tiloilla hankintahinta on liian kova suhteessa saatavaan tuottoon. Keskikokoisille tiloille sopivia koneita ei ole esitelty Titanin jälkeen. Nyt oli aika tuoda markkinoille seuraavan sukupolven kylvökone, joka vastaa maanviljelyn tulevaisuuden haasteisiin.

4.5.1 Lähtökohdat

Yritys on kunnianhimoinen ja tahtoo kasvattaa myyntiään. Pohjoismaissa kohdeyrityksellä on erittäin vahva asema, joten myynnin lisääminen täällä on vaikeaa. Venäjälle oli aiempina vuosina vientiä, mutta Venäjän talouden sakatessa myynti pysähtyi lähes täysin, eikä sillä suunnalla ole odotettavissa lähiaikoina muutosta. Keski-Euroopassa Unkariin on jonkin verran vientiä, mutta suhteutettuna Keski-Euroopan markkinapotentiaaliin, kohdeyrityksen markkinaosuus on häviävän pieni. Markkinoille on yritetty tunkeutua, mutta mikään tuote ei ole vielä ottanut tuulta alleen.

Pohjoismaiden maalajit ja viljelykausi kannustavat suorakylvöön, jossa Nova Combin kaltaiset takapyöräkoneet ovat parhaimmillaan. Takapyöräkoneen konstruktio mahdollistaa erittäin suuren vannaspainatuksen. Tällä hetkellä kylvökoneissa näyttää kuitenkin olevan trendinä siirtyminen keskipyöräkoneisiin, joissa vantaisto sijaitsee renkaiden takana. Kohdeyrityksen täytyy vastata markkinoilla olevaan kysyntään, jos se haluaa päästä kilpailuun mukaan. Kyseinen trendi on nähtävissä etenkin Keski-Euroopassa. Projektin tavoitteena on siis luoda keskipyöräkylvökone, jolla voidaan tunkeutua kunnolla Keski-Euroopan markkinoille.

Keski-Euroopan lainsäädäntö asettaa omat haasteensa. Monissa Keski-Euroopan maissa suurin sallittu leveys julkisella tiellä liikkuvalla laitteelle on kolme metriä, toisin kuin Pohjoismaissa. Neljämetristä laitetta saa vielä kuljettaa tiellä, mutta silloin se katsotaan erikoiskuljetukseksi. Erikoiskuljetus puolestaan vaatii leveänkuljetuksen varoitusautot eteen ja taakse, mikä rajoittaa hyvin suuresti neljä metriä leveiden kylvökoneiden myyntiä. Tästä seuraa projektin toinen vaatimus: muuttuva leveys. Kylvökoneen täytyy olla enintään kolme metriä kuljetuksessa, mutta kylvötilanteessa neljä metriä.

Uusi kone on suunnattu Keski-Euroopan markkinoille, mutta sitä on tarkoitus myydä myös perinteisillä alueilla. Pohjoismaissa saa kuljettaa neljä metriä leveää kylvökoneita, mutta käytännössä se on paikoittain haastavaa, joten 4/3-metrinen moderni kylvökone kiinnostaa varmasti. Suurta osaa kysynnässä tulee näyttämään hinta. Hinta ei saa nousta liian korkealle verrattaessa vastaaviin kilpailijan koneisiin. Gemini-kylvölannoitinta kehitettäessä langettiin tähän ansaan. Kylvökoneen hinta muodostui noin 20 % kilpailijoita kalliimmaksi. Lanseerauksen yhteydessä markkinoille pääsi pari pikkuvikaista konetta liian vähäisen testauksen vuoksi. Näiden kahden tekijän seurauksena hyvän tuotteen myynti on jäänyt paljon suunnitellusta. Tapauksesta on opittu, eikä samoja virheitä aiota toistaa Dracon kohdalla.

Kyseessä on täysin uuden tuotteen suunnittelu. Vanhoista koneista ei ollut tarkoitus ottaa käytännössä mitään valmiiksi testattuja ratkaisuja. Kyseessä on valtava projekti yritykselle. Tietyissä paikoissa on jo vuosikymmeniä käytetty toimivaksi todettuja ratkaisuja kuten esim. syöttölaite ja vantaat, jotka olisi voitu tuoda uuteen koneeseen. Uusi kone on täysin erilainen peruserätyypiltään, joten testattujen osioiden käyttö olisi hel-

pottanut uuden koneen suunnittelua ja testausta. Tähän koneeseen oli kuitenkin päätetty tuoda monella tavalla tulevaisuuden tekniikkaa, jotta kyseinen kone pystyy kilpailemaan vuosia kilpailijoita vastaan. Uutta tekniikkaa voidaan siirtää myös vanhoihin malleihin. Nämä merkittävät päivitykset pidentävät vanhojen mallien elinikää huomattavasti, mikä on taas omiaan lisäämään projektin tärkeyttä

4.5.2 Projektiin liittyminen

Uuden kylvökoneen kehitys alkoi syksyllä 2012 ja projektin nimeksi päätettiin Draco. Ensimmäistä kolmemetristä prototyyppiä päästiin testaamaan 2014 keväällä. Prototyypissä testattiin ensimmäistä kertaa perusrakennetta, sähköistä syöttölaitetta ja erilaisia vannasmalleja.

Aloin itse käydä Dracoon liittyvissä kokouksissa kesällä 2014, mutta en vielä siinä vaiheessa kuulunut varsinaiseen Draco-projektiin. Pääsin syksyyn mennessä jo melko hyvin perille projektista ja sen etenemisestä, koska kaikki muut tuotekehitysosaston ihmiset työskentelivät projektin parissa.

Tällöin Dracon julkaisun ajankohdaksi oli päätetty marraskuu 2015 ja paikaksi Agritechnica-messut – alan tärkein tapahtuma maailmassa. Tulevia prototyyppijä on siis mahdollista testata syyskylvöillä 2014 ja kevätkylvöillä 2015. Kevätkylvöjen jälkeen koneen on oltava lähes lopullisessa kunnossa. Näin ollen viimeisen prototyypin piirustusten on oltava valmiina viimeistään maaliskuun puolivälissä, jotta kone ehditään valmistaa kylvöille huhtikuun lopulle. Syksyllä 2015 ei enää voida koittaa uusia ratkaisuja, koska messuille lähtevän koneen kokoonpano on aloitettava viimeistään syyskylvöjen aikaan. Syyskylvöillä voidaan tehdä vielä rasiustestejä ja mahdollisesti muuttaa koneesta löytyviä heikkoja kohtia.

4.5.3 Toinen prototyyppi

Syyskylvöillä 2014 testattiin toista prototyyppiä, joka oli kokenut paljon muutoksia. Näkyvin niistä oli vantaisto. Vantaistossa oli päädytty kevään tulosten perusteella parhaaseen malliin, jota testattiin täydessä mittakaavassa toisessa protossa. Testeissä ilmeni erikoinen ongelma. Kylvökone alkoi hyppiä määrättyllä nopeudella kylvettäessä. Ongelman selvittelyyn koitettiin hakea apua TTY:n suunnalta, mutta sieltä ei löytynyt todellista halua yhteistyöhön. Hyppimisen aiheuttajaksi löydettiin lopulta tehtaan omin voimin todennäköinen syy.

Syyskylvöjen jälkeen oli vielä valtava määrä auki olevia asioita. Kolmemetrisen koneen perusrakenne oli varmistunut, mutta nelimetrinen oli auki. Projektin vaatimuksena oli, että kylvökone on kylvössä nelimetrinen ja kuljetuksessa kolmemetrinen. Tässä vaiheessa pidettiin kokous, jossa mietittiin erilaisia keinoja toteuttaa neljä metriä leveä ko-

ne, joka kapenee metrillä kuljetusta varten. Sopiva konsepti löytyi yllättävän helposti osittain sattuman kautta.

4.5.4 Suunnittelu

Ennen kuin lopullista konetta päästiin testaamaan keväällä, oli jäljellä paljon suoritettavia tehtäviä. Kaikkia jäljellä olevia tehtäviä ei missään vaiheessa listattu varsinaisissa palavereissa, mutta suunnittelijat kävivät keskenään listaa läpi syksyllä.

Taulukko 4.3. Tehtävälista

Tehtävälista
Vantaat
Muokkari
Taitto
Säiliö
Pressu
Syöttölaitteet
Hydrauliikka
Ohjaus
Astintasot
Vetolaite
Jälkiäes
Merkkari

Suunnittelijoilla oli vuoden 2014 lopulla tunne, että aikataulu ei tule pitämään suunnittelun puolella, mutta toisaalta asiaa on vaikea arvioida. Epätietoisuus projektin etenemisestä ja selkeän suunnitelman puute synnytti huonoa ilmapiiriä projektitiimiin. Toin ajatuksen tuotannossa jo käytössä olevasta tarkemmasta projektihallinnasta. Suunnittelutyötä voidaan ajatella eräänlaisena tuotantona. Kone jaetaan pieniin osioihin, minkä jälkeen osioiden suunnittelu jaetaan vielä eri osiin. Näitä osia ovat ideoiden haku, konseptien jalostus, konseptien arviointi, varsinainen mekaniikkasuunnittelu, piirustusten tekeminen ja ratkaisujen testaaminen. Marraskuussa suunnittelijat laativat liitteen 1 mukaisen varjoaikataulun, johon oli eritelty nämä työvaiheet ja niihin kuluvat tunnit. Tämän jälkeen laskettiin suunnittelijoiden käytössä olevat työtunnit. Laskun tuloksena oli, että työpiirustukset olisivat valmiina vasta toukokuun puolella välissä eli 2 kk myöhässä. Tässä vaiheessa yrityksen johto eli tuotekehityspäällikkö ja uusi toimitusjohtaja tekivät ratkaisun, että suunnittelijoiden kaikki muut työtehtävät, kuten koneiden pienet päivitykset ja korjaukset, jäädytettäisiin kunnes uuden koneen piirustukset olisivat valmiit. Toimitusjohtaja vaihtui joulukuussa edellisen toimitusjohtajan eläköitymisen myötä. Uudeksi toimitusjohtajaksi valittiin yhtiön osakas, joka toimi ennen ulkomaan myyntipäällikkönä.

Tehtävien jäädytysten jälkeen arvio oli, että kone valmistuisi kesäkuun puolella välissä, mikä tarkoittaisi koneen julkistuksen myöhästymistä vuodella, vaikka kaikki sujuisi ilman mitään ongelmia. Palaverissa todettiin johdon taholta, että lasketussa aikataulussa arviot tehtävien kestosta olivat liian positiivisia. Virallisena tavoitteena ja aikatauluna pidettiin kuitenkin aiemmin päätettyä maaliskuun puoliväliä, mikä aiheutti hämmennystä suunnittelijoiden keskuudessa.

Kohdeyritys on mukana Suomen Maatalousautomaatio ry:n toiminnassa, mutta varsinaisia ISOBUS-koneita ei ole vielä saatu markkinoille. Draco-projektin myötä on tarkoitus siirtyä lähemmäs ISOBUS:in käyttöönottoa. Kohdeyrityksen nykyinen itse suunniteltu ja rakennettu Agrocont-ohjausjärjestelmä on ikäännytynyt, eikä siinä riitä enää ominaisuuksia kaikkien uuteen koneeseen tulevien laitteiden hallitsemiseen. Projektin automaatioinsinööri oli kartoittanut markkinoilla olevia vaihtoehtoja ja päätynyt Epec:in ratkaisuun. Epec on suomalainen liikkuvien koneiden ohjausjärjestelmiin erikoistunut valmistaja, joka valmistaa erittäin robusteja laitteistoja ja ohjelmistoja asiakkaan tarpeisiin. Automaatioinsinööri oli ollut yhteydessä Epec:iin, mutta marraskuussa pidettiin ensimmäinen varsinainen palaveri Turengissa, johon osallistui koko tuotekehitystiimi ja yrityksen johto. Palaverissa käytiin läpi eri tuotteita, joita Dracossa voitaisiin käyttää. Tässä palaverissa yrityksen johdolle selvisi kunnolla uuden teknologian kustannukset.

Sähkökäyttöiset syöttömoottorit yhdistettynä Epec:in ohjaukseen muodostavat erittäin merkittävän osan valmiin koneen hinnasta. Ohjauksen hinta ei olisi täysin mahdollon, jos saataisiin selkeä kilpailuetu kilpailijoihin verrattuna. Tarjotussa ratkaisussa on omat etunsa, mutta siinä on selkeitä puutteita suhteessa kilpailijoiden ratkaisuihin. Esimerkiksi Väderstadilla on tablet-tietokone ohjausyksikkönä, joka on irrotettavissa ja siinä on pääsy internetiin. Epec lupasi julkaista halvemmän version tietokoneesta, joka olisi paremmin kohdeyrityksen käyttöön sopiva. Epec:in puolesta puhui yrityksen referenssit kaivos- ja metsäteollisuudesta sekä mahdollisuus jatkuvaan tukeen. Palaverin jälkeen toimitusjohtaja halusi tarkan päivitetyn arvion valmiin koneen hinnasta, varmistuakseen, ettei koneen hinta nouse liian korkeaksi. Koneesta oli tehty jo aiemmin karkea hinta-arvio, jota ei ollut päivitetty useaan kuukauteen. Lopulta päätettiin jatkaa valitulla konseptilla ja luottaa Epec:in lupauksiin.

Toisessa prototyypissä käytettiin tuotantokoneiden syöttöteloja. Lopullisessa koneessa se ei ole enää mahdollista, koska kolmen metrin säiliöön pitää sijoittaa 24 telan sijaan 32 telaa, mikä ei vanhoilla teloilla ole mahdollista niiden liian suuren koon vuoksi. Yksi tehtävistä oli uuden syöttötelan suunnittelu. Uusista syöttöteloista oli marraskuussa 2014 uusi suunnitelma. Syöttötela on pieni muovista ruiskuvalamalla valmistettu osa. Kyseisen osan toiminnasta ei kuitenkaan ollut mitään varmuutta, joten ruiskuvalumuotien hinta ja valmistusaika olivat haasteena. Uutta telaa piti päästä testaamaan, mutta muotin hinta liikkuu kymmenissä tuhansissa euroissa ja uuden prototyypin toimitusaika on kuukauden luokkaa alihankkijalta. Riskinä tässä vaihtoehdossa on kallis muotti, joka voi olla turha, jos proto ei olekaan toimiva, ja lisäksi kallista aikaa menee hukkaan.

Olin jo aiemmin kiinnostunut 3D-tulostuksesta ja ehdotin eräässä palaverissa 3D-tulostuksen käyttöä prototypoinnissa. Ajatukseen tartuttiin ja lupauduin hankkimaan 3D-tulostimen, opettelemaan sen käytön ja toimittamaan kohdeyritykselle tarvittavat prototyypikappaleet. Kokeilu onnistui erinomaisesti ja ensimmäiset prototyypit olivat tammikuun alussa kohdeyrityksellä tarkasteltavissa. Tällöin tiimi vakuuttui 3D-tulostuksen mahdollisuuksista ja päätettiin, että syöttötelojen toimivuus testataan 3D-tulostetuilla teloilla testipenkissä. Penkistä saatujen tulosten perusteella syöttöteloihin tehtiin muutoksia. Uudistettu prototyyppi tela saatiin tehtaalte noin vuorokauden sisään mallin valmistumisesta. Tällöin tärkeitä syöttöteloja ehdittiin testata satoja tunteja ennen varsinaisen koneen valmistumista ja telan muoto pystyttiin hiomaan parhaaksi mahdolliseksi. Tekniikka todettiin erittäin hyödylliseksi ja sitä päätettiin hyödyntää tulevaisuudessa muissakin tuotekehitysprojekteissa. Tässä projektissa syöttötelojen lisäksi tulostettiin myös uudenlaisia syötön pysäyttimiä, joiden toimintaa voitiin testata syöttötelojen testauksen yhteydessä.

4.5.5 Työvoiman lisäys

Tammikuussa päätettiin lisätä suunnittelijoiden määrää projektissa. Jäljellä olevan työ määrän suhde henkilötyöpäiviin oli räikeässä ristiriidassa, ja tavoiteltu testaus keväällä tuntui mahdottomalta. Verrattaessa jäljellä olevaa työmäärää marraskuussa tehtyyn varjoaikataulun arvioon, arvioitu määrä vastasi täysin todellista. Takarajan lähestyessä aikataulun hahmottaminen kävi helpommaksi ja tammi-helmikuun vaihteessa projektitiimiin saatiin lisää resursseja kahden uuden mekaniikkasuunnittelijan muodossa.

Uusien projektiin perehtymättömien suunnittelijoiden, joista toinen on yrityksen ulkopuolelta ja toinen työskennellyt puoli vuotta talossa, tuominen mukaan projektiin aivan loppuvaiheessa oli haastavaa. Suunnittelijoiden lisäämisellä pyrittiin nopeuttamaan projektin valmistumista, mutta projektiin sisään pääseminen vie oman aikansa. Koneen piti olla valmis huhtikuun puolessa välissä. Tämä tarkoitti sitä, että suunnittelijoiden tuli luovuttaa valmiit piirustukset ostolle ja tuotannolle maaliskuun puolessa välissä, jotta osat ehtivät tehtaalte ja kone saadaan kasaan. Tällöin uudet suunnittelijat ehtivät työskentelemään noin 1,5 - 2,5 kk. Haasteena oli uusien suunnittelijoiden sisäänajo. Kyseessä oli erittäin lyhyt aika, jonka aikana uusien suunnittelijoiden täytyi päästä sisään projektiin ja tehdä vielä tehokasta suunnittelutyötä, jotta työntekijöiden lisäämisestä olisi apua aikataulun kirimisessä. Uudet suunnittelijat vievät aikaa projektissa jo tehokkaasti työskentelevien suunnittelijoiden ajasta, koska vanhojen suunnittelijoiden tulee avata projektia ja opastaa alussa.

4.5.6 Muotoilu

Osittain uuden toimitusjohtajan ansiosta tässä projektissa panostettiin enemmän koneen ulkonäköön, kuin aiemmin yrityksessä. Ennen ainut merkittävä asia oli, että kone toimii, eikä ulkonäöstä piitattu niinkään. Nyt ulkonäkö oli yksi suunnittelussa huomioon otettavista tekijöistä. Muotoiluun pyrittiin panostamaan erikseen ja yhdelle suunnittelijalle annettiin tehtävä miettiä, kuinka koneesta saataisiin mahdollisimman hyvännäköinen. Yrityksessä ymmärrettiin, että ihmiset ostavat koneita ja jos kone näyttää ulkoisesti "tehtaassa tehdyltä", niin ihmiset uskovat sen myös toimivan pellolla. Nykyiset kylvökoneet ovat jääneet kehityksessä jälkeen, kun niitä verrataan esimerkiksi traktoreihin ja paalaimiin.



Kuva 4.4. Muotoilun kehitys maataloudessa, mukailen [23-27]

Kuvassa 4.4 on havainnollistettu traktoreiden ja paalainten kehitys 1980-luvun alusta nykypäivään. Alimpana kuvassa on kilpailevan merkin vuoden 2014 kylvökoneen malli. Kylvökone on kuvassa vasemmalla puolella, koska muotokielen puolesta se sopii paremmin 80-luvun koneiden kanssa yhteen. Suhteellisen pienellä panostuksella muovio-siin ja värimaailman suunnittelulla on siis mahdollista erottua edukseen tällä hetkellä jäljessä raahaavista kilpailijoista.

Sain Draco-projektissa ajettua läpi ajatusta muovisten katteiden ja rohkeampien värien käytöstä. Olin asian puolestapuhuja, joten liittyessäni täysipäiväisesti projektiin tehtäväkseni annettiin muotoilu ja pari mekaniikkasuunnitteluun liittyvää tehtävää. Muotoilu on hankala aihe tuotekehityksessä. Muotoilua pitäisi miettiä jo ihan projektin alkumetreillä, ja kaiken suunnittelun tulisi tähdätä haluttuun muotoiluun. Tässä projektissa muotoilu otettiin esille siinä vaiheessa, kun ensimmäinen prototyyppi oli valmis. Samaan ongelmaan on törmätty muissakin yrityksissä. Lopputulosta on mahdollista vielä parantaa tässä vaiheessa projektia, mutta parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen ei ole enää mahdollisuuksia.

Ensimmäinen prototyyppi oli suunniteltu kuljetuskontin ja maantiekuljetuksen leveysrajoituksen ehdoilla viljasäiliön tilavuutta maksimoiden. Lopputuloksena oli suorakulmion muotoinen laatikko suurimmilla sallituilla mitoilla. Suuria muutoksia kokonaisuudelle oli tässä vaiheessa mahdotonta enää toteuttaa, joten tehtäväksi jäi pienten parannusten tuominen. Kokonaisuutta lähdettiin parantamaan pyöristämällä kulmikkautta ja tuomalla yksityiskohtia johon katsojan silmä kiinnittyy.

Ensimmäisessä protossa oli kaikki tekniikka esillä. Kylvökoneeseen päätettiin sijoittaa ympäriinsä erilaisia katteita suojaamaan tekniikkaa ja luomaan viimeistellympää ilmettä. Suurin muutos oli molempiin päätyihin tehtävät koko päädyn kokoiset aukeavat muovisuojat. Muovin käyttäminen kateosissa oli uutta yrityksessä. Aluksi piti selvittää eri tekniikoita katteiden toteutukseen. Tyhjiömuovauksella valmistetut katteet todettiin kustannustehokkaimmaksi keinoksi ja aloitettiin alihankkijan etsintä. Alihankkijaksi valikoitui Merocap Oy sopivan konekannan vuoksi. Suomessa on hyvin rajoitettu määrä alihankkijoita, jotka valmistavat tarpeeksi suuria tyhjiömuovattuja kappaleita.

Merocapin kanssa pidettiin maaliskuussa palaveri muoviosien alihankinnasta. Suunniteltuihin osiin saatiin parannusehdotuksia, joiden jälkeen niiden valmistaminen on helpompaa ja lopputulos parempi. Tarvittavia muotteja ei vielä tilattu, koska koneen lopullisesta rakenteesta ei ollut vielä varmuutta.

Toinen parannettava asia oli värimaailma. Aiemmissa koneissa oli totuttu, että kylvökoneessa suuri dominoiva säiliö on aina punainen ja muut osat harmaita. Kohdeyrityksen värit punainen ja harmaa haluttiin pitää, mutta niiden erilaisella käytöllä saatiin täysin erilainen ilme aikaiseksi. Lisäämällä harmaata säiliöön ja punaista koneen ala-osiiin saatiin uudenlainen ilme. Huomio ei enää kiinnity suureen punaiseen laatikkoon, kun säiliöön on lisätty harmaita teippauksia ja koneen ala-osiiin punaisia väriläiskä.

4.5.7 Lopullinen prototyyppi

Koneen onnistumisen kannalta kriittisen taittomekanismin suunnitelma saatiin valmiiksi helmikuun lopulla. Taittuminen neljän metrin kylvöleveydestä kolmen metrin kuljetusleveyteen oli toinen vaatimuksista, ja ilman sitä konetta ei julkaistaisi. Palavereissa käy-

tiin talven mittaan keskusteluja siitä, testattaisiinko taitto-ominaisuutta erikseen vai vasta kevään kylvöillä. Lopulta suunnittelijat saivat tahtonsa läpi, ja helmikuun lopulla edellistä protoa modifioitiin siten, että taittoa päästiin testaamaan. Taitosta löytyi muutama parannettava asia, joiden muuttamiseen jäi juuri tarvittava aika, jotta lopullisella protolla kylväminen oli keväällä mahdollista.

Taiton kanssa samaan aikaan suoritettiin myös uuden vannasmallin testausta. Kylvökoneessa kovimmalle rasitukselle joutuvat juuri vantaat, joten niiden kestotesti on elintärkeä. Vantaaseen kohdistuu kylvössä jatkuvasti painatusvoima, joka painaa vannasta maan sisään. Kylvökoneen vauhti kylvössä voi olla noin 15 km/h. Vantaan osuessa pellossa oleviin kiviin, vantaaseen aiheutuu erittäin suuria hetkellisiä voimia, jotka vantaassa olevan kiekon laakerointi joutuu ottamaan vastaan. Vantaita testattiin siihen suunnitellussa testipenkissä. Testipenkissä vannas joutuu vielä normaalia kovempien iskujen armoille, jotta pystyttäisiin simuloimaan pidempi käyttö lyhemässä ajassa. Vantaan rakenteesta löytyi jo lyhyessä testissä puutteita, jotka korjattiin välittömästi. Paranneltua versiota ehdittiin testata tarpeeksi pitkään, jotta sitä voitiin pitää luotettavana.

Lopullisen proton valmistaminen alkoi maaliskuussa kylvökoneen eteen tulevasta muokkarista. Muokkarin piirustukset saatiin ensimmäisenä valmiiksi, eikä varsinaiseen kylvökoneeseen tulevat muutokset enää vaikuttaneet muokkariin. Kokoonpanossa on vain yksi ihminen tekemässä prototöitä, joten kokoonpanoon oli varattava reilusti aikaa. Varsinaista valmistusta tekee koko tehdas, aina kun normaalilta tuotannolta ehtii. Laserleikkeet ja muut metalliosat tulevat suurelta osin alihankkijoilta, mutta särmäys ja hitsaaminen tehdään omalla tehtaalla.

Maaliskuun puolella välissä alettiin miettiä hydrauliiikan toteutusta. Kaikki toiminnot olivat olleet jo pitkään tiedossa, mutta asiaa ei katsottu kiireelliseksi. Erilaisia vaihtoehtoja hydrauliiikan toteutukselle mietittiin ensin itse tehtaalla, jonka jälkeen otettiin hydrauliiikkaa toimittava Salhydro Oy. Salhydroon edustajan kanssa pidettyjen palaverien jälkeen päädyttiin nopealla aikataululla parhaaksi katsottuun tapaan toteuttaa hydrauliset toiminnot. Tässä vaiheessa oli karkea hahmotelma hydraulikaaviosta.

Maaliskuun lopulla alkoi olla lähes kaikki piirustukset valmiina, jolloin projektin valmistuminen aikataulussa riippui enää alihankkijoista ja tuotannosta. Alihankkijoilta saatiin materiaalit nopeasti, mutta tuotannon kanssa oli ongelmia. Tuotantoa oli informoitu johdon tasolta, että Dracoon tulevat proto-osat olivat ykkösprioriteetti, mutta käytännössä tätä ei näkynyt. Hitsareita olisi tarvittu enemmän, ja normaali tuotanto ohitti prototöitä. Osien valmistuessa suunnittelijat siirtyivät protopajaan kokoonpanotehtäviin, jotta kone saataisiin tavoitteen mukaan kevätkylvöille. Protoa kasatessa tehtiin vielä tarkempia suunnitelmia hydrauliiikasta. Salhydro oli tässä tärkeässä roolissa. Uusia komponentteja ja letkuja saatiin päivän toimitusajalla ja edustaja oli aina tarvittaessa teknisenä tu-

kena. Kylvökoneen kasauksen ollessa käynnissä uuden Epec:in rautaan perustuvan ohjausjärjestelmän koodaus oli vielä vaiheessa.

Harvinaisen myöhäinen kevät auttoi erittäin paljon tavoitteessa pysymistä. Vuoden 2015 kevätkylvöt pääsivät alkamaan poikkeuksellisen myöhään vasta toukokuun alussa. Lisäpäivistä huolimatta proton valmistuminen meni erittäin tiukalle. Kokoonpanotyössä paljastui suunnitteluvikoja. Viat eivät olleet kriittisiä, joten niiden korjaaminen voitiin jättää testien jälkeiseen aikaan. Viimeisiä hydraulikkoja ja sähköjä laitettiin kuntoon vielä toukokuun alussa. Koneen viimeistelyä ja ensimmäisiä testejä vaikeutti ainoan automaatioinsinöörin poistuminen osittain muihin tehtäviin. Projektitiimistä ei ehditty perehdyttämään ketään muuta ohjausjärjestelmän käyttöön, eikä tarvittavia itse valmistettavia varaosia ollut saatavilla. Toukokuun ajan automaatioinsinööri oli tehtaalla vain pari päivää viikosta.

Kevään 2015 koekylvöt olivat ratkaisevassa asemassa projektin onnistumisen kannalta. Testit onnistuivat hyvin, eikä niiden aikana kohdattu liian suuria haasteita, jotka olisivat vaatineet uuden prototyypin valmistamista ennen Agritechnica 2015 -messuja. Vantaan kanssa kohdattiin suurin ongelma. Tietyissä olosuhteissa vantaat alkavat työntää maavallia edessään eli ne ns. tukkeutuivat. Testissä käytetty 12,5 cm riviväli on yleisin, mutta maa-aineksen virtauksen kannalta haastava. Kilpailijat ovat päätyneet kasvatamaan riviväliä samojen ongelmien takia [28]. Dracoa aletaan ensisijaisesti myymään suuremmalla 16,7 cm rivivälillä, mutta tarjotaan myös perinteisellä 12,5 cm rivivälillä asiakkaille, joiden mailla ei ole tukkeutumiseriskää.

Vantaan painatusmekanismiin päätettiin tehdä muutos kesken koekylvöjen. Aiemmin vantaalle annettiin vain tietty painatusvoima, mikä aiheutti haasteita maalajin muuttuessa. Uudessa ratkaisussa tarkkaillaan kylvösyvyyttä ja säädetään sen avulla sopiva painatusvoima. Ratkaisu ei vaatinut merkittäviä muutoksia rakenteeseen, joten se oli helppo ottaa käyttöön kesken testejä.

4.5.8 Projektin tilanne lopussa

Testien jälkeen tehtävänä oli koneen viimeistely syksyn testejä ja messuja varten. Kone oli toiminut odotusten mukaisesti, ja sen puolesta ei olisi enää tarvetta uusille testeille. Virheistä on opittu, ja tällä kertaa konetta halutaan kuitenkin testata perinpohjaisesti ennen 0-sarjan myyntiä. Suomessa ei ole saatavilla tarpeeksi suuria pinta-aloja kattavan testin toteuttamiseksi, joten kone päätettiin viedä Bulgariaan. Siellä on tavoitteena kylvää noin 1500 Ha syksyn aikana, mikä antaa jo hyvän kuvan koneen kulutuskestävyydestä. Syksyllä 2015 tarvitaan siis kaksi täysin valmista konetta. Ensimmäinen kone viedään Bulgariaan testiin syksyllä ja toinen Agritechnica-näyttelyyn marraskuussa.

Ennen koneiden valmistamista ja lähettämistä ulkomaille oli vielä suunniteltava muutamia asioita. Toukokuussa YT-neuvotteluiden seurauksena päätettiin olla jatkamatta

yhden suunnittelijan työsopimusta. Tämä päätös yhdistettynä kesälomaan, joka aiheuttaa tehtaan täydellisen pysähtymisen kuukaudeksi, aiheutti jälleen painetta aikataululle, vaikka kone olikin suhteellisen hyvällä mallilla.

Syyskuussa oli vielä paljon hoitamattomia tehtäviä. Portaita ja vetoaisan lopullisia piirustuksia viimeisteltiin suunnittelussa. Teippaukset oli suunniteltu jo keväällä, mutta niitä ei ollut vielä tilattu. Suojamuoveista oli tilattu puolet ja puolet päätettiin ensimmäisiin protoihin tehdä pellistä, siltä varalta, että suojiin muotoa jouduttaisiin vielä muuttamaan. Kylvökoneen suojaressun toisen version suunnittelu jäi odottamaan tilattujen muoviosien saapumista. Nykyistä versiota täytyy testata muoviosien kanssa, joiden kanssa sen on tarkoitus toimia yhteen.

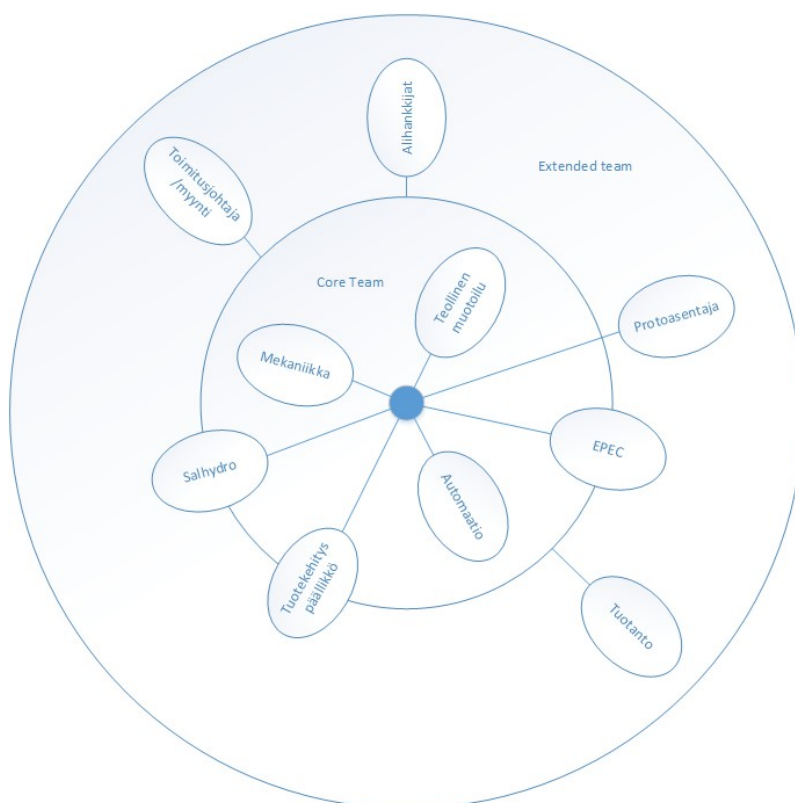
Syyskuun alussa protokoneiden kuljetuksille varmistettiin päivät lokakuun puoleen väliin. Aikaa oli jäljellä reilu kuukausi ja tehtävänä oli suunnittelutyötä ja kaksi protokonetta. Suunnittelijoiden keskuudessa alkoi jälleen herätä epävarmuus aikataulun suhteen. Varsinaista suunnitelmaa ei ollut, tai ainakaan sitä ei viestitty suunnittelutiimille. Suurin huolenaihe oli kokoonpanon valmistuminen. Lähes kaikki osat olivat jo maanneet pidemmän aikaa tehtaalla, mutta niiden kokoonpano oli aloittamatta. Tavallinen tuotanto meni jälleen protojen ohi. Bulgariaan lähetettiin keväällä käytetty proto, jonka muutostöiden parissa työskenteli protomies ja suunnittelijat.

5. PK-YRITYKSEN TUOTEKEHITYKSEN NYKYI- NEN TILA JA KEHITTÄMINEN

Kolme erilaista projektia, joihin osallistuin vuoden ajan, antoivat erittäin kattavan kuvan yrityksen toiminnasta. Projektit erosivat selvästi toisistaan, mutta niissä nousi samoja asioita esille. Viimeinen täysin uuteen tuotteeseen tähdännyt projekti oli haastavin. Sen aikana nousi uudelleen esille kahdessa ensimmäisessä projektissa kohdatut haasteet ja joukko uusia. Tämän vuoksi tuloksia käsitellään suurelta osin Draco-projektin kautta.

5.1 Projektioorganisaatio/ Henkilöstö tuotekehityksessä

Kuvassa 2.1 on esillä Ulrich & Eppinger'in näkemys tuotekehitysprojektiryhmästä. Tuotekehitysprojektin ytimessä on projektin johtaja, jonka ympärille muodostuu ydintiimi (Core team). Ydintiimi pitää sisällään projektiin kiinteimmin osallistuvat ihmiset. Ydintiimin ympärillä toimii laajennettu tiimi (Extended team). Laajennettuun tiimiin kuuluvat kaikki projektiin jollain tasolla osallistuvat tahot, kuten alihankkijat, laki- ja rahoitusosasto sekä myynti. Kuvassa 5.1 on hahmoteltu kuvan 2.1 tyylisesti Draco-projektissa todellisuudessa toiminut projektioorganisaatio.



Kuva 5.1. Draco-projektin organisaatio

Ydintiimissä tapahtui muutos mekaniikkatiimin sisällä. Projektin loppuvaiheessa mekaniikkatiimin henkilöstö kasvoi kahdesta neljään suunnittelijaan. Lisäsuunnittelijat otettiin mukaan kaksi kuukautta ennen suunnittelun valmistumisen takarajaa. Myöhäisessä vaiheessa projektiin tulleiden tuoma apu projektiin on kyseenalainen, kun huomioidaan uusien tehokkuus ja vanhojen menettämä tehokas työaika. Lisätyövoimaa olisikin kannattanut ottaa jo paljon aiemmin, kun vielä huomioidaan projektin tärkeys yrityksen tulevaisuudelle. Resurssienhallinta on osa projektihallintaa, jota käsitellään tarkemmin luvussa 5.2.3.

5.1.1 Tuotannon rooli tuotekehityksessä

Kohdeyrityksen projektiorganisaation ydintiimistä puuttuu Ulrich & Eppingerin kaavion verrattuna markkinointi, osto ja tuotanto. Näiden toimintojen etäisyydestä aiheutui projektin varrella erilaisia ongelmia. Ongelmat johtuivat osittain selkeiden käytäntöjen puuttumisesta ja osittain liian vähäisestä sitoutumisesta. Osa myöhemmin käsiteltävistä vaatimusluettelon puutteista johtuu markkinoinnin vähäisestä osallistumisesta tuotekehitysprosessiin.

Kohdeyrityksen tuotanto, johon myös osto kuuluu, on optimoitu ja sitoutunut sarjajalmitteisten koneiden tuotantoon. Erittäin suuri sitoutuminen tavalliseen tuotantoon han-

kaloittaa tuotekehitysprojektien läpiviemistä. Prototyypin sijoittaminen tavallisen tuotannon väliin voi olla haastavaa. Tuotannosta on hankala saada tilaa, vaikka olisi ylimmältä johdolta määräys, että prototyypin valmistus ohittaa kaiken muun tuotannon.

Prototyyppeihin tuleva materiaali kulkee saman reitin kuin tavallinen tuotanto. Tyypillisin tapaus on levyleike, joka otetaan vastaan alihankkijalta. Vastaanotosta levy kulkee särmäyskoneelle, josta matka jatkuu hitsaajalle. Hitsaajalta valmis kappale etenee maalaukseen, jonka jälkeen se kuljetetaan kokoonpanolinjalle tai varastoon. Prototyyppeihin tuleva materiaali ei kuitenkaan virtaa normaalilla tavalla, vaan se usein pysähtyy jokaiselle pisteelle, kunnes suunnittelusta joku siirtää osan seuraavalle vaiheelle ja hankkii paikalle työntekijän.

Kokonaan prototyypin valmistuksessa olevia ongelmia ei voi laittaa tuotannon vastuulle, vaan osittain kyse on myös epäselvyyksistä tuotannon ja suunnittelun välillä. Tuotanto ja tuotekehitys ovat kaukana toisistaan toiminnallisesti ja fyysisesti. Näiden kahden osaston välillä on selkeä raja, vaikka nykyisten oppien mukaan yritys hyötyisi selkeästi tuotannon ja tuotekehityksen integraatiosta. Tällä hetkellä tuotanto ei tunne olevansa osa tuotekehitysprojektia, eikä sitoutuminen projektin onnistumiseen ole sen takia vaadittavalla tasolla.

5.1.2 Tiimin johtaja

Selkein ero on tiimin johtajan puuttuminen kuvassa 5.1 näkyvän kaavion keskeltä. Yhden selkeän projektin johtajan puuttumisella on hyviä ja huonoja puolia. Johtajan puuttuessa tiimin jäsenet ottavat automaattisesti enemmän vastuuta projektin läpiviennistä. Heille jää myös tilaa toimia vapaammin. Toisaalta selkeän johtajan puuttumisen takia joku tiimistä pyrkii ottamaan johtajan roolia, missä on oma riskinsä. Ryhmädynamiikka saattaa kärsiä yhden jäsenen pyrkiessä johtajan rooliin.

Tuotekehitysprojekti voi toimia hyvin pienellä johtamisella, jos tiimi toimii hyvin yhteen. Jokaiselta osa-alueelta täytyy löytyä yksi vastuuhenkilö, joka vastaa oman osa-alueen hoitamisesta. Vastuuhenkilöiden tulee käydä jatkuvaa keskustelua keskenään, jotta kaikki tietävät projektin etenemisestä. Projektissa on kuitenkin asioita, joita tiimin on vaikea hallita ilman selkeää projektin johtajaa. Näihin kuuluu esimerkiksi resursienhallinta, aikataulus ja viestintä. Projektinjohtaja määrittää koko projektin aikataulun ja tarkkailee siinä pysymistä. Tarpeen tullen hän lisää resursseja projektille tai siirtää valmistumista pidemmälle. Hänellä on siis koko ajan tiedossa projektin kokonaistilanne ja arvioitu valmistumispäivä. Draco-projektista suunnittelijoilla vaikutti olevan projektijohtajan velvollisuudet, mutta ei valtuuksia hoitaa tarvittavia tehtäviä. Haasteena oli myös puutteellisesta viestinnästä aiheutunut epätietoisuus vallitsevasta tilanteesta.

Yrityksen henkilöstökaaviossa on suunnittelupäällikkö, joka olisi luonnollinen henkilö toimimaan tiimin johtajana. Suunnittelupäällikkö toimii kuitenkin kohdeyrityksessä

käytännössä tuotekehitysjohtajana, joka vetää suunnittelun suuria linjoja. Suunnittelu-päälliköllä on myös myyntipäällikön ja hallituksen puheenjohtajan roolit. Hänellä ei siis edes ole aikaa keskittyä päivittäiseen operatiiviseen toimintaan suunnittelussa.

5.1.3 Muut osallistujat

Kohdeyrityksellä on kaksi muista alihankkijoista selvästi erottuvaa yhteistyökumppania. Salhydro Oy:tä ja Epec Oy:tä voidaan pitää kohdeyrityksen strategisina partnereina, minkä vuoksi ne on sijoitettu kuvassa 5.1 ydintiimin ja laajennetun tiimin rajapintaan. Nämä yritykset eivät ole pelkkiä tavarantoimittajia, kuten muut alihankintayritykset. Salhydrolla on oma myyjä kohdeyritystä varten, joka on aina valmis auttamaan tarpeen tullen. Palveluihin kuuluu niin tekninen avustaminen hydraulikkasuunnittelussa kuin käytännön nopeat osatoimitukset. Luotettava toiminta antaa hyvän selkänöjan kohdeyritykselle hydraulikkaan liittyen.

Epec on kohdeyritykselle uusi kumppani, mutta hankkinut hyvät referenssit toimimalla mm. Ponssen ja Sandvikin kanssa. Kohdeyritys on päättänyt panostaa tulevaisuuden älykkääseen viljelyyn, joka vaatii kehittyneitä laitteita. Aiemmin oma osaaminen on riittänyt yksinkertaisten ohjainten rakentamiseen, mutta älykkään viljelyn vaatimukset vaativat uutta osaamista. Tulevaisuuden koneiden pitää sekä keskustella traktorin kanssa että lähettää dataa jatkuvasti internetiin. Epec on kiinnostunut näihin haasteisiin vastaamisesta ja toimintansa laajentamisesta maatalouteen. Yhteistyö tulee jatkossa olemaan tiivistä ja Epec:llä on paljon tarjottavaa kilpailukyvyyn lisäämiseen. Epec:in mukanaolo mahdollistaa kohdeyritykselle tulevaisuudessa digitalisaation myötä myös uusia ansaintamalleja.

Toimitusjohtajan rooli on muuttunut henkilön vaihtumisen myötä huomattavasti. Edellinen toimitusjohtaja profiloitui selvästi yrityksen talouspuoleen ja hallinnointiin. Vierailut tuotekehitysosastolle olivat melko harvinaisia ja tarkoituksena oli lähinnä selvittää projektien tilannetta. Aiemmin kohdeyrityksen ulkomaan myynnissä toiminut uusi toimitusjohtaja on ottanut selvästi aktiivisemmän roolin tuotekehityksessä. Myynti- ja markkinointitausta näkyy tuotteita kohtaan nousseissa vaatimuksissa. Tuotekehityspalaverissa on tullut selvästi esille hyöty, joka syntyy vähemmän teknisesti suuntautuneen ja uudistusmielisen ihmisen läsnäolosta.

5.1.4 PK-yrityksen HR-riskit

Suunnittelijoiden pieni määrä on riski yritykselle. Työntekijän sairastuessa pahasti tai irtisanoutuessa, kukaan ei välttämättä pysty hoitamaan suunnittelijan töitä. Mekaniikkasuunnittelussa on kaksi työntekijää, jotka pystyvät paikkaamaan toistensa poissaoloja. Toisen poistuessa yrityksestä jäljelle jäänyt suunnittelija pystyisi hoitamaan väliaikaisesti yksin tärkeimmät suunnittelun tehtävät, ennen kuin saataisiin uusi suunnittelija

palkattua. Suunnittelussa oleva tietotaito ei häviä, koska toinen suunnittelija jää siirtämään tietoa.

Sähkö- ja ohjelmistosuunnittelun puolella riski oli huomattavasti suurempi ja se realisoitui projektin aikana. Yrityksessä oli yksi automaatiosuunnittelija, joka itse rakensi ohjausjärjestelmien laitteiston ja ohjelmiston. Elektroniikka-asentajat, joita löytyy myös yrityksen sisältä, voisivat hyvin hoitaa laitteiston kasaamista, mutta haasteena ovat vaillinaiset kuvat sähköpuolesta.

Sähkösuunnittelija oli jo aiempina vuosina kritisoinut tehtävien aikataulutusta. Draco-projektissa selkeän projektijohtajan ja työn aikataulutuksen puute aiheuttivat ensin tiimin työilmapiirin heikentymisen. Myöhemmin tilanne eskaloitui, ja automaatiosuunnittelija päätti siirtyä muihin töihin nopealla aikataululla. Elektroniikan suunnittelu ja viantsintä menivät välittömästi jäihin. Poistuminen tapahtui erittäin kriittisessä vaiheessa, kun Dracon viimeistä prototyyppiä oltiin ottamassa käyttöön ja ohjausjärjestelmä oli vielä hieman keskeneräinen.

Uuden automaatiosuunnittelijan perehdyttäminen tehtävään on erittäin haastavaa. Uuden suunnittelijan on erittäin vaikea perehtyä käytössä oleviin laitteisiin vaillinaisen dokumentoinnin takia. Toinen suuri haaste on ohjelmistopuoli. Nykyinen suunnittelija on yksin koodannut järjestelmän ja sovittanut sen toimimaan itse rakentamansa laitteiston kanssa, josta ei löydy kattavaa dokumentointia.

Ongelmaa ollaan ratkaisemassa uuden pitkän aikavälin strategisen partnerin (Epec) kautta. Tällöin ainakin laitteisto tulee alihankkijalta, jolloin siitä on täydet dokumentoinnit. Epecin laitteisto on yleisesti käytössä suomalaisessa konepajateollisuudessa, ja sen ohjelmointi on tuttua suunnittelijoille. Epec tarjoaa myös ohjelmistojen suunnittelu-palvelua.

Kohdeyrityksessä on tuotannonkin puolella tuotekehitykseen vaikuttava HR-riski, joka on realisoitumassa. Tuotannon protohitsaaja ja asentaja ovat eläköitymässä vähitellen, eikä heidän korvaamiseksi ole selkeää suunnitelmaa. Heillä oleva hiljainen tieto uhkaa kadota yrityksestä eläköitymisen myötä. Kohdeyrityksen henkilöstöstä puolet eläköityy seuraavan seitsemän vuoden aikana, joten yritys tulee kohtaamaan saman haasteen suurempana muun tuotannon ja tuotannon johdon kohdalla lähivuosina.

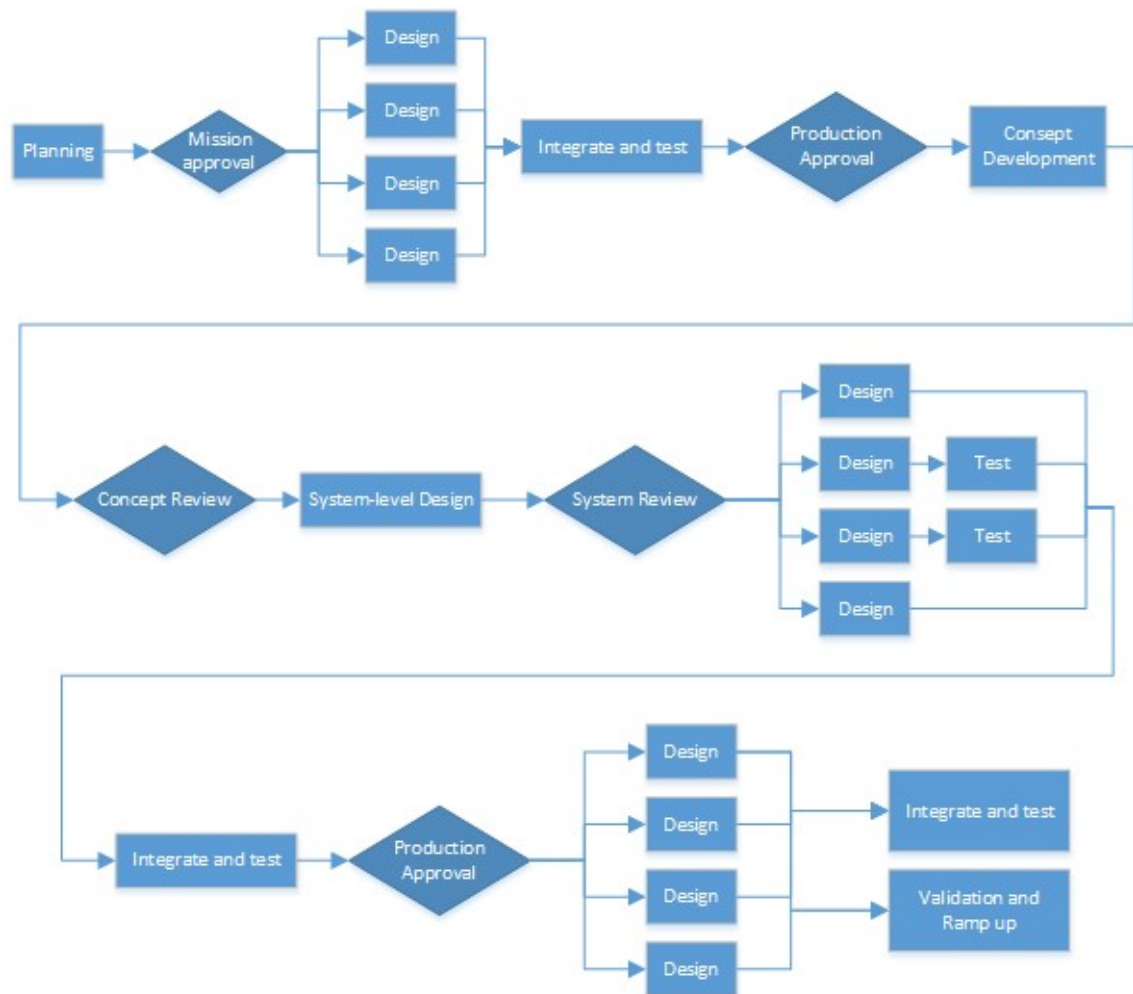
5.2 Tuotekehitysprojektit

Ulrich & Eppinger on kirjassaan esittänyt kaavion tuotekehitysprojektin etenemisestä. Erilaiset tuotekehitysmallit eroavat toisistaan jonkin verran, mutta tuotekehitysprojektin eteneminen on kuvattu aina pääosin samanlaiseksi. Kaikissa malleissa toistuvat eri nimillä samat vaiheet, jotka käydään järjestyksessä läpi. Porttiteorioissa on portteja, joissa

tarkastetaan, voidaanko seuraavaan vaiheeseen edetä. Jos porttia ei läpäistä, voidaan palata uudestaan edelliseen vaiheeseen, tai projekti voidaan hylätä kokonaan.

5.2.1 Projektin kulku

Kuvassa 2.4 on esitetty Ulrich & Eppinger'in mallin mukainen monimutkaisen systeemin kehittämiseen tarkoitettu kaavio, joka kuvaa tuotekehitysprojektin etenemistä vaihe vaiheelta. Kuvassa 5.2 on esitetty vastaavalla tyylillä Draco-projektissa toteutunut kaavio.



Kuva 5.2. Draco-projektin kaavio

Kaavion ensimmäinen rivi suunnittelusta testaukseen tapahtui ennen liittymistäni projektiin. Suunnittelussa (planning) oli asetettu vaatimuksiksi, että kone on keskipyöräinen neljä metriä leveä kone, joka taittuu kolmemetriseksi kuljetuksen ajaksi. Näillä rajoituksilla suunnittelijat lähtivät toteuttamaan kolmemetristä keskipyöräkonetta, ja taituminen jätettiin tulevaisuuden huoleksi.

Ensimmäinen kone saatiin valmiiksi ja testattua, mutta se ei päässyt tuotantoon, koska tulos ei ollut alun vaatimusten mukainen. Koneen suunnitteluun oli käytetty jo reilu kaksi vuotta, kun ryhdyttiin kehittämään systeemitason konseptteja koko koneen konstruktiosta. Olemassa olevan kolmemetrinen koneen pohjalta onnistuttiin luomaan konsepti nelimetrisestä taittuvasta koneesta. Vaihe oli erittäin kriittinen koko projektin kannalta ja tuntui tulevan yllättäen, vaikka kaikki projektin osallistujat tiesivät tavoitteen. Jos valmiin prototyypikoneen pohjalta ei olisi onnistuttu luomaan nelimetristä konseptiä, koko projekti olisi luultavasti kaatunut. Systeemitason suunnittelu olisi ehdottomasti pitänyt toteuttaa projektin alkuvaiheessa.

Systeemitason suunnitelman jälkeen oli mahdollista suunnitella kylvökoneen eri osioita ja niiden rajapintoja. Osa kriittisimmistä osioista testattiin erikseen ennen koneeseen liittämistä. Koko koneen prototyypin testeissä todettiin vielä puutteita, minkä vuoksi palattiin tuotekehitysmallien mukaisesti suunnittelupöydän ääreen. Vaaditut muutokset olivat suhteellisen pieniä, joten erillisiä testauksia ei tässä vaiheessa enää vaadittu. Kokonaisuuden toimintaan luotettiin ilman testejä, joten valmis tuote lähetettiin messuille lanseerattavaksi ennen testausta. Kriittisimpien kohtien kestotestit oli jo suoritettu aiemmin testipenkeissä. Toinen prototyyppi lähetettiin samaan aikaan kokonaisella koneella suoritettaviin kestotesteihin.

5.2.2 Vaatimusluettelon määrittely

Tuotteen suunnittelu ilman vaatimuslistaa tai minimaalisin ehdoin on mahdollista. Näissä projekteissa pyritään täysin uuden tuotteen suunnitteluun ja tiedostetaan projektin suuri riski. Mikään työssä esitellyistä projekteista ei kuitenkaan ollut projekti, jossa pyritään erittäin suurella riskillä täysin mullistavaan tuotteeseen. Kaikissa kolmessa projektissa suunnittelijoilla oli vähemmän reunaehtoja tiedossa, kuin mitä niitä todellisuudessa oli.

Selkeiden reunaehtojen puuttuminen oli erittäin suuri haaste, koska ei tarkkaan tiedetty, millainen tuotteen tulisi olla. Suunnittelijoille jäi erittäin paljon vapauksia. Suunnittelijoiden tekemiä tärkeiden osioiden konseptivaihtoehtoja arvioitiin tarpeen mukaan järjestettävissä palaverissa, joihin osallistui tuotekehityksen ydintiimi, tuotekehityspäällikkö ja toimitusjohtaja. Ratkaisujen arvioinnissa oli haasteena objektiivinen arviointi, sillä arviointikriteereitä ei ollut. Jos suunnittelun rajat ja arviointikriteerit olisivat selvästi tiedossa, saatujen ratkaisujen arviointi olisi selvästi helpompaa.

Toisinaan suunniteltu tuote tai osa tuotteesta ei vastannut johdon asettamia vaatimuksia, jotka olivat jääneet pimentoon suunnittelijoilta. Yleisempää oli, että kokouksessa osallistujat toivat esiin mielipiteitään ja pohdittiin, kuinka asiassa edetään. Tässä toimintatavassa riskinä on, että arviointia tehdessä kokouksen hiljaisemmat osallistujat ja heidän mielipiteensä jäävät taka-alalle, kun aktiivisemmat osallistujat johtavat puhetta. Tällöin hyviä huomioita ja mielipiteitä voi mennä ohitse, eikä parasta vaihtoehtoa valita.

Vaatimusluettelon puuttumisen riskit ovat realisoituneet kohdeyrityksessä. 2000-luvun alussa julkaistiin Gemini-kylvölannoitin, jonka myyntiluvut eivät saavuttaneet tavoitteita. Kehitysprosessia on analysoitu jälkikäteen. Suurimmat syyt heikolle myynnille ovat lanseerauksen alussa löytyneet pikku viat ja liian korkea hinta. Tuotteen hinta on yleensä yksi vaatimuslistan kohdista. Hinnan on pakko olla järkevässä suhteessa kilpailijoihin. Hinta saa olla mieluusti halvempi kuin kilpailijalla, tai korkeammalle hinnalle pitää olla erittäin hyvät perusteet. Uusien projektien kohdalla testaukseen on panostettu selvästi enemmän, jotta viallisia koneita ei pääse markkinoille, mutta vaatimuslistan puutteista aiheutuu edelleen ongelmia.

Draco-projektinkin aikana törmättiin erikokoisiin haasteisiin, jotka aiheutuivat vaatimusluettelon puutteista. Hyvä esimerkki on ohjausjärjestelmän kehitys, johon ei kohdistunut yhtään vaatimusta. Projektin lopussa osalle osallistujista tuli yllätyksenä ominaisuuksien, joiden mukana oleminen oli itsestään selvää, puute olemassa olevassa ratkaisussa. Valittu ratkaisu oli kallis ja siitä puuttui ominaisuuksia kilpailijoihin verrattuna. Ratkaisun muokkaamiseen oli onneksi vielä tarpeeksi aikaa.

Myös Nova Combi –projektissa aiheutui turhaa työtä vaatimusluettelon puutteiden takia. Hyvä esimerkki on vääristä vaatimuksista aiheutunut portaiden monimutkaistus. Seuraavaan koneeseen portaita suunniteltaessa todettiin, että kyseisiä vaatimuksia ei olekaan. Ilman portaiden mekanismia koneesta olisi saatu paremman näköinen, helpompi käyttää, vähemmän osia, halvempi ja helpompi valmistaa. Ratkaisuun päädyttiin ensimmäisessä koneessa luultavasti selkeiden kriteereiden puutteen takia tai sen vuoksi, että kirjaamattomat taustalla vaikuttavat valintaehdot olivat väärät.

Edellä mainittuihin ongelmiin on esitetty luvuissa 2.3.1 ja 2.3.2 ratkaisuja. Perusteellisen vaatimusluettelon laatiminen mahdollisimman laajalla ryhmällä pienentää riskiä, että tuote ei läpäise johdon verifiointia tai asiakkaiden suorittamaa validointia. Konseptien arviointi puolestaan helpottuu vaatimusluettelon ja painoarvotaulukoiden hyödyntämisellä. Vaatimusluettelo antaa selkeät ohjeet, mitä kehitettävässä tuotteessa arvioidaan ja miten. Varsinainen arviointi voidaan suorittaa hankalissa tilanteissa painoarvotaulukoita hyödyntämällä. Näin saadaan todennäköisemmin objektiivinen arvio tuotteesta tai konseptista.

5.2.3 Projektihallinta

Yrityksessä on suunnitteluprojektien kohdalla käytäntönä, että suunnittelijoille annetaan projekti, joka tulee hoitaa. Projektilla voi olla määritelty tai avoin valmistuspäivä. Johdolta ei tule tarkkoja ohjeita, kuinka projekti saadaan valmiiksi. Käytäntö antaa suunnittelijoille erittäin suuren vastuun projektin onnistumisesta. Suunnittelijat tekevät pitkälti itse päätökset tehtävien jakamisesta, järjestelystä ja aikataulutuksesta.

Draco-projektissa oli syksyllä 2014 määritetty projektin valmistumisajankohdaksi marraskuu 2015, jolloin olisi tuotteen lanseeraus. Tästä saatiin tuotekehitykselle aikataulu, jonka mukaan suunnittelutyön tuli olla täysin valmis maaliskuun puoliväliin mennessä. Päivämäärä saatiin, kun tiedettiin, milloin prototyypin pitää olla valmiina, ja laskettiin tuotantoon kuluva aika. Tämä aika oli saatu laskemalla ostajan käyttämä aika, osien toimitukseen kuluva aika ja tuotantoon kuluva aika. Tuotantoon kuluva aika puolestaan oli laskettu miettimällä erikseen osien valmistus, hitsaus ja loppukokoonpano, eli viimeinen kuukausi oli jaettu pienempiin kokonaisuuksiin, joiden kesto on mahdollista arvioida melko tarkasti.

Tuotekehityksen osalta ei ollut suunnitelmaa, kuinka tavoitteeseen päästään, tai ainakaan sitä ei viestitty suunnittelijoille useista kyselyistä huolimatta. Suunnittelijoiden tiedostettua työmäärän mahdottomuus laadittiin projektihallinnan työkaluja käyttäen liitteen 1 varjoaikataulu mekaniikkasuunnittelulle. Ensin hahmoteltiin WBS, jonka perusteella pystyttiin luomaan Gantt-kaavio, joka todisti aikataulun epärealistisuuden. Johdon reagoi tilanteeseen, mutta ei tarpeeksi voimakkaasti. Toimien jälkeen aikataulu oli edelleen epärealistinen. Tilanne vaikutti selvästi suunnittelun ilmapiiriin. Johdon ei koettu olevan sitoutunut projektiin, vaikka projektin tärkeyttä painotettiin jatkuvasti. Projektihallinnan tilanne kärjistyi lopulta luvussa 5.1.4 kuvattuun tapahtumaketjuun.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset jakaantuvat kolmeen osaan. Ensimmäisessä arvioidaan case-yrityksen eli kohdeyrityksen tapausta. Seuraavaksi arvioidaan, mitä tämä tarkoittaa ylipäättään pk-yritysten kohdalla. Lopuksi arvioidaan työn onnistumista kokonaisuutena.

6.1 Kohdeyrityksen tuotekehitys

Perinteisellä toimialalla toimiva kohdeyritys on pk-yritys, jonka henkilöstömäärä on pieni. Pieni henkilöstömäärä yhdistettynä henkilöstön erittäin kovaan sitoutumiseen johtaa siihen, että uusia työntekijöitä tulee hyvin harvoin yritykseen. Uusi työntekijäkin sopeutuu helposti ”talontavoille” ja toiminta jatkuu samanlaisena, mitä se on ollut jo vuosikymmeniä.

Toiminnan kehittämiseen on kuitenkin herätty. Tämä työ on osa suurempaa liikkeelle lähtenyttä kokonaisuutta. Hallituksen puheenjohtaja halusi teettää diplomityön, jotta yritykseen saataisiin ulkopuolinen henkilö, joka näkisi asioita eri perspektiivistä. Työn aikana yrityksen toimitusjohtaja vaihtui, mikä antoi kehitykselle vielä lisää vauhtia. Suunnittelun ja johdon puolella on näkyvissä selkeä tahtotila siirtää yritys uudelle tasolle.

Käytännön tuotekehitystyössä on jo työn aikana näkynyt selkeitä muutoksia. Uusien tuotteiden kehittämiseen suhtaudutaan ennakkoluulottomasti. Teknologian tasolla esimerkiksi ohjausjärjestelmät kokevat täydellisen uudistuksen, mikä mahdollistaa tulevaisuuden älykkään viljelyn tarpeisiin vastaamisen. Muotoilun rooli tuotekehityksessä ja myynnissä on selvästi sisäistetty ja siihen panostetaan eri tavalla, kuin aiemmin.

Tuotekehitysprosessi on pääosin pysynyt samanlaisena, mihin yrityksessä on totuttu. Yhtenä muutoksena voidaan mainita 3D-tulostuksen käyttöönotto työn teon aikana. Yrityksessä huomattiin nopean ja edullisen prototypoinnin hyödyt tuotekehityksessä. Projektin riskejä ja kestoja voidaan vähentää huomattavasti oman 3D-tulostimen avulla. Prosessin puolella on yhä suurempia kokonaisuuksia, joita parantamalla voitaisiin selkeästi kehittää tuotekehitystä.

Suurten tuotekehitysprojektien läpivienti ilman selkeää projektihallintaa on erittäin riskialtista yritykselle. Gemini-projektin voidaan todeta epäonnistuneen, koska valmis tuote ei saavuttanut myyntitavoitteitaan. Draco-projekti näyttää tällä hetkellä onnistuneelta, vaikka täyttä varmuutta ei ole ennen tuotteen myyntiä. Projektit voivat siis onnistua ilman projektihallintaa, mutta aiheuttavat suuren riskin yritykselle. Mikäli pk-yritys

sitoo kaikki tuotekehityksen voimavarat muutamaksi vuodeksi yhteen projektiin, sen epäonnistuessa koko yrityksen tulevaisuus voi olla vaarassa. Tappiot eivät rajoitu vain epäonnistuneesta tuotteesta aiheutuviin kuluihin ja menetettyyn työaikaan vaan ne voivat heijastua myös muualle. Yrityksen kärsimillä imagotappioilla on herkästi negatiivinen vaikutus kaikkien tuotteiden myyntiin. Tämän vuoksi kohdeyrityksen tulisi ehdottomasti kehittää oma vakioitu tapa toteuttaa tuotekehitysprojekteja. Apuna voi hyödyntää esimerkiksi Ulrich & Eppinger:in esittelemää tuotekehitysmallia.

Koko mallin järjestelmällinen implementointi ei ole järkevää, vaan mallista kannattaa poimia kohdeyritykselle hyödyllisiä asioita ja tuoda niitä vähitellen käyttöön. Selkeitä tuotekehitystä hyödyttäviä työkaluja ovat ainakin kuvassa 2.4 näkyvä prosessikaavio ja projektihallintaan sekä konseptiarviointiin liittyvät työkalut. Prosessikaavio on sopivan karkea, joten sitä voi käyttää lähes suoraan tuotekehityksen apuna. Kaavion seuraaminen varmistaa, ettei prosessin kriittisiä vaiheita unohdeta, kuten kävi Draco-projektissa. Systeemitason suunnittelu suoritettiin vasta yksityiskohtien suunnittelun jälkeen, mikä oli vähällä aiheuttaa suuria haasteita. Kaikissa aineistoon kuuluvissa projekteissa oli ongelmia, jotka johtuivat puutteellisesta suunnittelusta alkuvaiheessa. Vaatimusluetteloa ei ollut, tai se oli liian suppea. Suunnittelijoiden on helpompi tuottaa haluttu lopputulos, kun projektin alussa on selkeästi yhdessä listattu ominaisuudet, mitä tuotteelta halutaan.

Projektihallintaan liittyviä työkaluja testattiin Draco-projektin aikana taustalla, mutta niitä ei varsinaisesti vielä hyödynnetty. Projektin aikana nähtiin kuitenkin selkeästi työkaluista saatavat hyödyt. Suunnittelijoiden luoma varjoaikataulu piti tarkasti paikkansa ja sen avulla olisi voitu heti projektin alussa hahmotella aikataulua. Kokeilu osoitti, että suunnittelijat ovat halukkaita ottamaan käyttöön työtään helpottavia työkaluja. Projektihallinnan hoitaminen yhteisvastuullisesti on hankalaa, joten se vaatii vastuuhenkilön, joka ottaa työkalujen käytön hoitaakseen. Tyypillisesti tässä roolissa toimii tuotekehityspäällikkö.

Kohdeyritys hyötyisi tuotekehityksen järjestelmällisyydestä projektien ulkopuolellakin. Ratkaisuna voisi toimia säännölliset palaverit, joissa tuotekehitystiimin kanssa käydään läpi viikoittain tehtävien tilanne. Näissä palavereissa jaetaan hoidettavat tehtävät ja tarkastellaan niiden etenemistä. Tässä vaiheessa huomataan myös, jos tehtäviä on liikaa suhteessa suunnittelijoiden aikaan, jolloin tuotekehityspäällikkö voi tehdä tarvittavia muutoksia. Viikoittaisten palaverien lisäksi voisi olla kuukausittaiset palaverit, joihin osallistuisi tuotekehitystiimin lisäksi johdon ja tuotannon ihmisiä. Näiden palaverien avulla voitaisiin edesauttaa tuotannon ja tuotekehityksen integraatiota. Tuotannosta saadaan tällä hetkellä hyvin palautetta suunnittelun puolelle siitä, kuinka suunnitelmia voitaisiin parantaa tuotannon näkökulmasta. Tuotekehityksen kannalta olisi tärkeää, että kommunikaatio toimisi myös toiseen suuntaan, ja tuotekehitys saisi tukea tuotannon puolelta. Tuotanto pitäisi saada sitoutumaan vahvemmin yrityksessä toteutettaviin tuotekehitysprojekteihin ja normaaliin työskentelyyn.

Varsinkin Draco-projektin läpivienti kolmessa vuodessa oli erittäin suuri ponnistus vain muutaman hengen tiimillä. Projekti on osoitus suunnittelijoiden ammattitaidosta ja omistautumisesta työlleen. Nykyinen toimintatapa vaati suunnittelijoilta erittäin paljon. Kohdeyrityksessä ei ole lainkaan byrokratiaa, johon törmää suurissa yrityksissä, ja valitseva tilanne kannattaa säilyttää mahdollisimman pitkään. Suunnittelijoiden työtä kuitenkin helpottaisi, jos suunnittelussa olisi päivittäin paikalla operatiivinen suunnittelupäällikkö. Suunnittelupäällikön tehtäviä voi hoitaa myös esimerkiksi vastaava suunnittelija, mutta tuotekehityksen kannalta olisi tärkeää keskittää nämä tehtävät yhdelle työntekijälle. Suunnittelupäällikön työnkuvaan kuuluisi mm. tuotekehityksen organisointi ja kehittäminen.

6.2 PK-yritysten tuotekehitys

Tutkimuksen empiriaosuuden keräämiseen käytetty aika mahdollisti pääsyn syvälle case-yrityksen toimintaan. Tutkimuksen aikana nähtiin laaja kirjo erilaisia tuotekehitysprojekteja. Tämän perusteella kohdeyritystä koskevia johtopäätöksiä voidaan pitää valideina. Kohdeyrityksen tuotekehitystoimintaa voisi siis kehittää kirjallisuudessa esitettyjä tuotekehitysmalleja hyödyntäen.

Kohdeyrityksen tapauksen perusteella voidaan sanoa, että on mahdollista, että samankaltaiset pk-yritykset Suomessa voisivat kehittää tuotekehitystoimintaansa olemassa olevia tuotekehitysmalleja hyödyntäen. Samalla alalla toimivien yhtä suurten yritysten välillä voi olla vaihtelua, joten ei voida yleistää, että samoilla toimenpiteillä päästäisiin hyviin tuloksiin myös muissa yrityksissä. Kohdeyrityksen kaltaisten yritysten kannattaisi kuitenkin tutkia mahdollisuutta tuotekehitysmallien hyödyntämiseen tuotekehityksen kehittämisessä suurten potentiaalisten hyötyjen takia. Aiheessa riittäisi myös paljon mahdollisuuksia tieteelliselle jatkotutkimukselle.

6.3 Työn arviointi

Tärkein asia työn onnistumisen kannalta oli aineiston kerääminen. Tarpeeksi pitkä aika yrityksessä mahdollisti autenttisen kuvan saamisen yrityksessä tapahtuvista tuotekehitysprojekteista. Aineistosta löytyvien todellisten tuotekehitysprojektien läpiviennin ja tieteellisen tuotekehitysmallin vertaaminen paljasti syitä yrityksessä kohdattaville haasteille. Vertailun perusteella pystyttiin myös tarjoamaan ehdotuksia tuotekehitysprosessin parantamiseksi.

Yrityksen näkökulmasta työ ylitti tavoitteet ja tulee olemaan keskeisessä roolissa yritystä kehitettäessä. Tutkimuksen aikana tuotteisiin saatiin uusia näkökulmia. Tulevaisuuden kannalta tärkeämpänä voidaan pitää panosta tuotekehitysprojektien hallintaan. Työn ansiosta yrityksessä saatiin objektiivinen kuva tuotekehityksen tilasta, joka poikkesi aiemmasta käsityksestä yrityksen tilasta. Tuotekehitysprojekteissa voidaan tulevaisuudessa panostaa haasteisiin, joiden olemassaolo osittain tiedostettiin, mutta syitä ei oltu

tunnistettu. Työssä annetaan selkeät suuntaviivat tarvittaville muutoksille. Muutoksella tulee olemaan positiivinen vaikutus yrityksen tulevaisuuteen.

Työssä käytiin yksi toimintatutkimuksen spiraalin kierros läpi ja lopputuloksena oli parannettu suunnitelma. Yrityksen kannalta olisi tärkeä jatkaa spiraalia eteenpäin. Ensin kannattaisi ottaa käyttöön suunniteltuja parannuksia nykyiseen toimintaan, ja siitä spiraalia pitkin edeten seuraaviin vaiheisiin. Tässä työssä käsiteltiin tuotekehityksen suuria linjoja, mutta yrityksessä tehtävästä tuotekehityksestä löytyy useita pienempiä asioita, joita kehittämällä suunnittelijoiden työtä voidaan tehostaa ja mielekkyyttä parantaa. Nämä kehityskohteet voidaan nähdä pääspiraalista eroavina pienempinä haaroina.

Kokonaisuutena työ oli erittäin onnistunut ja mielenkiintoinen. Työssä päästiin harvinaisen syvälle yrityksen toimintaan tutkimusmetodien ja pitkän keston ansiosta. Tuotekehityksessä työskentelevät ihmiset tietävät, että suunnitteluun vaikuttaa suuresti ihmisten kanssakäyminen, mutta se jää usein tieteellisten tutkimusten ulkopuolelle. Tuotekehityksen sosiaalisen aspektin yhdistäminen tieteellisiin tuotekehitysmalleihin on avainasemassa reaalimaailman tuotekehityksen ymmärtämisessä.

Työssä saatiin paljon tietoa case-yrityksestä ja yritykselle pystyttiin esittämään toiminnan parantamiseksi konkreettisia ehdotuksia, jotka koettiin hyödyllisiksi. Oletus tuotekehitysmallin mahdollisesta hyödyllisyydestä pk-yrityksissä tuli siis todistettua. Tämä oli kuitenkin vain pintaraapaisu aiheeseen, joka vaatisi paljon lisää tutkimusta.

LÄHTEET

- [1] Leena Linnainmaa, Voitontavoittelu ja yritysvastuu kulkevat käsi kädessä, Keskuuskauppakamari, 2013, Saatavissa: <http://kauppakamari.fi/2013/08/16/voitontavoittelu-ja-yritysvastuu-kulkevat-kasi-kadessa/>
- [2] Ulrich. K, Eppinger S., Product Design and Development, 4th Edition. Singapore. McGrawHill, 2008, 368p.
- [3] Suomen virallinen tilasto (SVT): Yritysrekisterin vuositilasto, Liitekuvio 1. Yritysten henkilöstö teollisuudessa, kaupassa ja muissa palveluissa 2002–2012 . Helsinki: Tilastokeskus, 2012, Saatavissa: http://www.stat.fi/til/syr/2012/syr_2012_2013-11-28_kuv_001_fi.html
- [4] Petteri Rautaporras, Pk-yritykset Suomessa, teknologiateollisuus, 2015, Saatavissa: http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/pk-yritykset_tilastopaketti.pdf
- [5] Cooper R., Stage-gate systems: A new tool for managing new products, Business Horizons, May-June 1990, pp. 44-54
- [6] VDI, VDI-Standart: VDI 2206, VDI, Saatavissa: http://www.vdi.eu/guidelines/vdi_2206-entwicklungsmethodik_fuer_mechatronische_systeme/
- [7] Wheelwright C., Clark K., Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality, Free Press, 2011, 392 pp.
- [8] V-malli, Saatavissa: http://dc-cpps.tuwien.ac.at/uploads/RTEmagicC_01_VDI2206.bmp.jpg
- [9] Verein deutscher ingenieure, Design methodology for mechatronic systems, VDI 2206, june 2004 dusseldorf, 118p.
- [10] Lloyd P., Design Studies 21: Storytelling and the development of discourse in the engineering design process , 2000, pp. 357–373
- [11] Demian, P. and Fruchter, R., Effective visualisation of design versions: visual storytelling for design reuse. Research in Engineering Design, 19 (4), 2009, pp. 193-204

- [12] Kemmis, S & Wilkinson, M. Participatory action research and the study of practicen Teoksessa B. Atweh, S.kemmis & P. weeks. Action research in practice. Partnerships for social justice in education, London, 1998.
- [13] Jarmo Vakkila, Positiivisen johtamisen kehittäminen liikuntapalveluorganisaatiossa, Haaga-Heliä, 2014, Saatavissa:
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74560/Opinnayte%20Jarmo%20Vakkila.pdf?sequence=1>
- [14] Heikkinen H., Jyrkämä J., Mitä on toimintatutkimus? Toim: Heikkinen H., Huttunen R., Moilanen P. Siinä tutkija missä tekijä: Toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja. Jyväskylä, Atena, 1999 s. 25-62
- [15] Jeffrey K. Liker, Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill Education, 2004.
- [16] Shuyan Wang and Hong Zhan, International Journal of Information and Communication Technology Education: Enhancing Teaching and Learning with Digital Storytelling, 6(2), April-June 2010, pp. 76-87
- [17] Ferguson E. S., Engineering and the Mind's Eye. MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
- [18] Saaranen-Kauppinen, Anita & Puusniekka, Anna, KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto, Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, 2006, Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus>.
- [19] Markku Pulkkinen, Muokkaus kevenee ja kylvökone levenee, Suomalainen maaseutu, 2015, Saatavissa: <http://www.suomalainenmaaseutu.fi/uutiset/muokkaus-kevenee-ja-kylv%C3%B6kone-levenee-1.98656>
- [20] S-curve, adaptivecycle, Saatavissa:
http://www.adaptivecycle.nl/images/Industry_Life_Cycle.png
- [21] Korhonen M., Siljanen T., Ajo-opastin laitteisto, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu, Saatavissa:
http://hinkalo.fi/kurssit/pluginfile.php/2022/mod_resource/content/1/Ajo-opastin_Korhonen_Siljanen.pdf
- [22] Koski J., Rintaniemi A., Viljelijäprässi Tume – Markkari vs. ajo-opastin, Frami Oy, 2014, Ei saatavilla
- [23] BigBaler, New holland, Saatavissa:
http://agriculture.newholland.com/ir/en/Gallery/Gallery_Images/BigBaler/BigBaler_123000COM_01.jpg

- [24] Welger, Farmingmachines, Saatavissa:
http://www.farmingmachines.co.uk/uploads/M15928_1.jpg
- [25] Väderstad Rapid, Agrimarket, Saatavissa:
http://www.agrimarket.fi/Liitetiedostot/Pics/Rapid_500xx.jpg
- [26] Valmet, Konedata, Saatavissa:
<http://www.konedata.net/Traktorit/Kuvat/86Valmet2105.jpg>
- [27] Valtra, 2015, Saatavissa: http://www.valtra.fi/images/New_T_Series_image001.jpg
- [28] Olli Alikärri, Vieskan Metallin kylvökone sijoittaa lannoitteet ja siemenet samaan riviin, Maatilan Pellervo, 2009, Saatavissa: http://www.pellervo.fi/maatila/3_y00/vieskan.htm

LIITE 1: VARJOAIKATAULU

	3.11.0014
	Suunniteltu suunnittelu-aika [työpäivä]
Työkohde	
Kytentälaitteet traktoriin	0
Vetolaite	10
Letkuteline	1
Muokkainkiekon varsi, kulmat, kiekot ym.	10
Lannoiteputkisto	3
Muokkaimen runko	5
Muokkaimen rungon nivelöinti kuljetukseen 4m	20
Muokkaimen työsyvyyden hallinta	5
Suppilohyllyt	5
Sivulohkojen letkutukset	5
"nordic malli" lannoitevantaat?	0
Lannoitteen "pintakylvö"?	0
Etulata	5
Etulatan taitto kuljetukseen 4m	5
Vallin tasaimet	5
Etuastintaso	3
Raput	3
Kaiteet	3
Välirunko	4
Siksakki, Offset?	2
Liitos vetolaitteeseen	1
liitos vannasrungolle	1
Renkaan raapat	3
Renkaan kivenerotin+kumitangot tasamaan maata	2
<u>Jarrut</u>	0
<u>Rengasvaihtoehdot</u>	0
Sivulohkot	10
Syöttölaitteet	3
Ajourat lannoite (uusi syöttölaite)	3
Ajourat siemen	3
Syöttömoottorin ketjuvälitykset	2
Sekoitinakselit	2
Pohjaläppien vivut	0,5
<u>Säiliön muotoilu, päätysuojat, koristelu</u>	0
Säiliön äärimitat (mahtuu konttiin)	3
Säiliön painon pienentäminen	1
Seulat	1
Väliseinät (kylvökoneversio)	2
Säiliön paikka suhteessa runkoon (painopiste)	1
Pressukansi/kansi (toimiva itsekelautuva pressu)	3
Säiliön tyhjennysventtiili	2

Takataso, kaide ja rappuset	8
Vannaspainotusmekanismit	2
Vannasrunko	0
Hydraulinen jälkiäes	5
Painatuskumin haku	5
Vannasvarsien mitat	1
Kiekon laakerointi	3
Työsyvyyden säätömekanismi	2
Sivulohkojen letkutukset	7
Siemenvantaan sivulohkot	10
Merkkarit	8
Hydrauliikka (siistit vedot ja venttiilit)	5
<u>HS-laite?</u>	0
Sähköt	
YHTEENSÄ	193,5