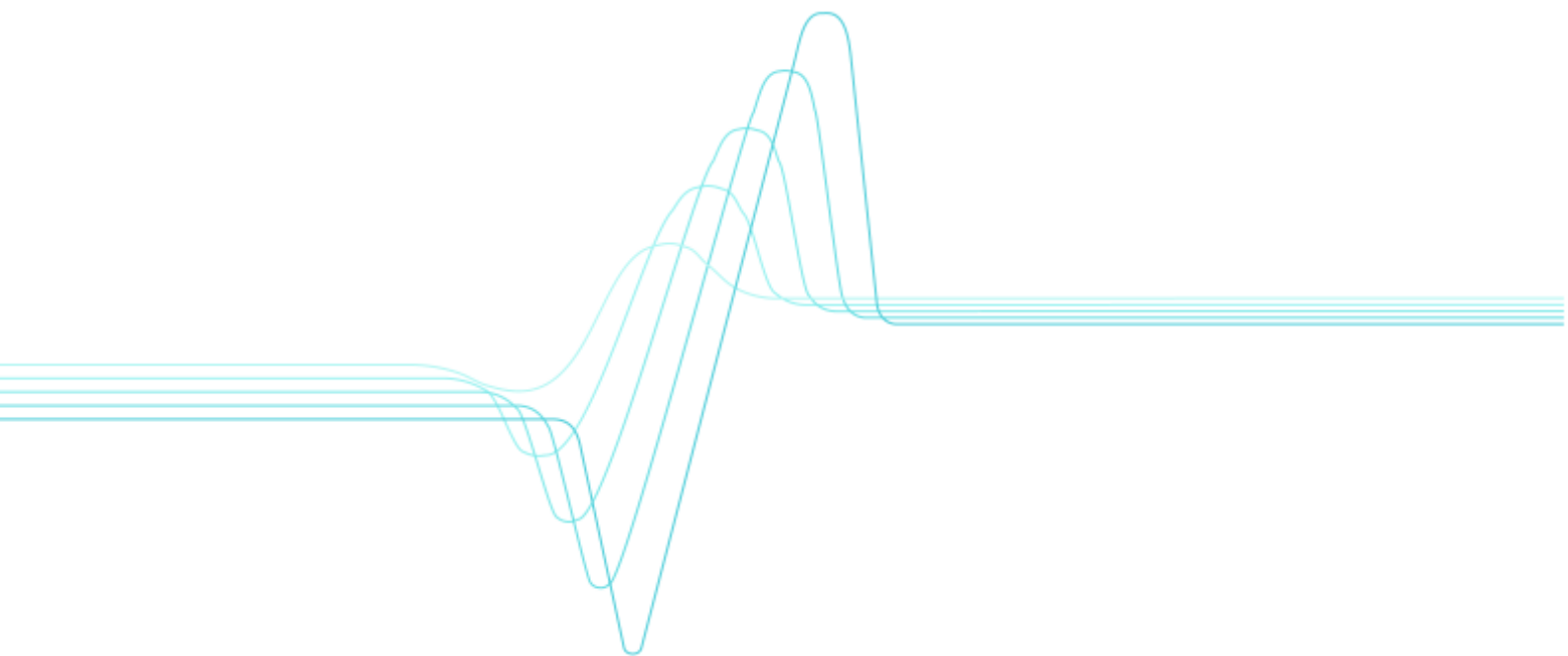


Kai Häkkinen

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa

Havaintoja suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002



**Valmistuksen ja suunnittelun
yhteistyö toistuvan
erätuotannon
alihankintaprosessissa
Havaintoja suomalaisesta
pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002**

Kai Häkkinen

VTT Tuotteet ja tuotanto



ISBN 951-38-6105-8 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6106-6 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © VTT 2002

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Tuotteet ja tuotanto, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 6752

VTT Industriella System, Teknikvägen 12, PB 1301, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 6752

VTT Industrial Systems, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 6752

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2002

Häkkinen, Kai. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa. Havaintoja suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002. [Concurrent engineering in subcontract manufacture process in repetitive production. Observations in Finnish SME-metal industry in the year 2002]. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2173. 52 s.

Avainsanat concurrent engineering, subcontracting, manufacture process, Finland, SME, metal industry, studies, evaluation

Tiivistelmä

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä pidetään yleisesti yhtenä tärkeimmistä keinoista taloudellisiin tuotekonstruktioihin pyrittäessä. Valmistusmenetelmien huomioiminen konstruktiossa on erityisen haastavaa, kun tuotteen valmistaa alihankkija. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa. Tavoitteena on etsiä syitä mahdollisiin ongelmakohtiin, toisaalta selityksiä onnistumisiin ja löytää keinoja ongelmakohtien poistamiseksi. Tutkimukseen osallistui 12 suomalaista yritystä. Tutkimus jakaantui kolmeen osaan: 1) haastattelututkimus, jolla haettiin yleiskäsitystä valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä tasosta, 2) kyselylomakkeen laadinta alihankkijoille täytettäväksi ja 3) case-testaus valituilla tuotteilla. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö alihankintatoiminnassa on melko vähäistä, n. 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijan kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Alihankkijoilla olisi puolestaan mielenkiintoa lisätä yhteistyötä huomattavasti. Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista. Muutoksiin voi sisältyä ennakoimattomia riskejä. Joissakin tapauksissa markkinoiden edellyttämät laatu- ja järjestelmävaatimukset vaikeuttavat vanhojen tuotteiden muutoksia. Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan siirtyminen eläkkeelle ja väheneminen muutoin. Valmistusteknologioiden hallinta suunnittelussa näyttää olevan kasvava ongelma. Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolten halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti. Halutaan hallita riskejä. Tästä on myös poikkeuksia.

Häkkinen, Kai. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa. Havaintoja suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002. [Concurrent engineering in subcontract manufacture process in repetitive production. Observations in Finnish SME-metal industry in the year 2002]. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2173. 52 p.

Keywords concurrent engineering, subcontracting, manufacture process, Finland, SME, metal industry, studies, evaluation

Abstract

Concurrent Engineering (CE) Process is one of the most important means to achieve competitive and economical products. To maintain an efficient CE-process is a big challenge in the field of subcontract manufacture. The goal of this study was to identify the most typical CE-related problems in the Finnish metal industry. Special emphasis was placed on small and medium-sized enterprises (SMEs) and their subcontract manufacture processes. Additionally, the goal was to find some success stories and to identify the underlying success factors. The study was carried out in association with 12 Finnish SMEs in the metal industry. The research project was divided into three parts: 1) an interview study to characterise the general status of present CE-processes, 2) a questionnaire for the participating subcontractors to examine their current CE-processes in more detail and 3) a case study of a real manufacturing process. The results of the study show that only 10–15 % of the main contractors involved in this study were maintaining a continuous CE-process. On the other hand, the subcontractors were willing to increase co-operation. Investing in the CE-process was found to be most important in connection with the development of new products. Updating the existing, old products is often very difficult, and design changes involve unexpected risks. Applied quality systems may also require additional testing and acceptance procedures, which further decreases companies' readiness for change. Because the number of experienced machine designers is decreasing all the time, the poor understanding of the manufacturing technology is becoming an ever increasing problem for main contractors. Young designers typically have a very weak manufacturing experience. Finally, the results suggest that the most important barrier for increased co-operation between main contractors and subcontractors is the lack of mutual trust. Both parties are commonly willing to have more than one partner in order to avoid risks.

Alkusanat

Tutkimus tehtiin samanaikaisesti VTT Tuotteet ja tuotanto -yksikössä toteutetun KONEALI-projektin kanssa. Projektiin osallistui 12 suomalaista metalliteollisuuden yritystä, joista 4 oli päähankkijayrityksiä ja 8 alihankkijayrityksiä. Tutkimuksen kannalta yritysten aktiivisuus oli elintärkeää. Tutkimuksen aineiston kerääminen edellytti yrityksiltä osittain jopa poikkeuksellisen suurta luottamusta tutkijoita kohtaan. Useissa vaiheissa käsiteltiin liikesalaisuuksien piiriin kuuluvaa tietoa. Kiitän yrityksiä ja niiden henkilöstöä aktiivisesta ja ennakkoluulottomasta asenteesta työtä kohtaan.

Hanketta rahoitti yritysten ja VTT:n lisäksi Teknologian tutkimuskeskus (Tekes) ja työministeriön Työelämän kehittämisohjelma, joille kaikille kiitos rahoituksesta ja luottamuksesta projektin lopputulosten suhteen.

Selvityksen läpiviennissä tutkimusryhmän henkilöiden omat tutkimusosiot olivat merkityksellisiä tälle tutkimukselle. Ryhmällä oli harvinainen tilaisuus kerätä aineistoa kolmeen tutkimukseen samoista yrityksistä ja usein jopa samoilla yrityskäynneillä. Tutkimuksen taloudellisuus saatiin näin hyväksi. Tutkimusryhmään kuuluivat lisäksi dipl.ins. Jyri Pötry ja tekn. yo. Peik Joutsen.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	7
1.1 Tutkimuksen taustaa.....	9
1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset.....	9
1.3 Tutkimuksen vaiheistus.....	10
2. Kirjallisuuskatsaus ja viitekehys.....	12
2.1 Kirjallisuuskatsaus.....	12
2.2 Viitekehysten muodostus.....	19
3. Tutkimusmenetelmä ja tulokset.....	21
3.1 Yrityshaastattelut ja tulokset.....	21
3.1.1 Alihankintayritysten kommentteja.....	21
3.1.2 Päähankkijayritysten kommentteja.....	25
3.2 Onnistuneita kehitystapauksia.....	27
3.3 Kyselylomakkeen laadinta, kysely ja tulokset.....	28
3.4 Case-testaus valituilla tuotteilla ja tulokset.....	30
4. Tulosten tarkastelu.....	37
4.1 Haastattelutulosten tarkastelu.....	37
4.2 Onnistuneiden kehitystapausten tarkastelu.....	40
4.3 Kyselyn tulosten tarkastelu.....	40
4.4 Case-testauksen tulosten tarkastelu.....	41
4.5 Tulosten yhteistarkastelua.....	42
4.6 Yhteistyön lisäämisen mahdollisuudet ja keinot.....	43
5. Johtopäätökset ja suositukset.....	46
6. Yhteenveto.....	48
Lähdeluettelo.....	51

1. Johdanto

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä pidetään yleisesti yhtenä tärkeimmistä keinoista taloudellisiin tuotekonstruktioihin pyrittäessä. Sanotaankin, että suunnittelija määrittelee n. 80 % tuotteen kustannuksista. Näin ollen suunnittelijalta edellytetään melkoista asiantuntemusta monella alueella. Tuotteen on kelvettava asiakkaalle sopivaan hintaan. Sen on usein täytettävä erilaisia viranomaisvaatimuksia. Konstruktion on oltava taloudellinen. Taloudellisuuden lisäksi vaaditaan, että tuote on tuotannonohjauksen kannalta mahdollisimman tehokkaasti ohjattavissa. Vaatimuksia tulee usealta suunnalta. Kustannustehokkuuden kannalta tuotteen valmistusmenetelmät ovat ratkaisevassa asemassa. Valmistusmenetelmien huomioiminen konstruktiossa on erityisen haastavaa, kun tuotteen valmistaa alihankkija. Alihankkija sijaitsee useimmiten maantieteellisesti etäällä päähankkijasta, jolloin suunnittelija ei luonnostaan käy keskustelua valmistajan kanssa menetelmäkysymyksistä. Lisäksi vastuu tuotteen hankinnasta on usein annettu osto-osastolle, joka tarjouskyselyttää tuotteen useilla alihankkijoilla ja valitsee saatujen hintojen perusteella edullisimman valmistajan, ottaen huomioon myös muita tekijöitä.

Valmistusalihankintatoiminnan tutkimus kaikkine ongelmineen on jostain syystä jäänyt taustalle, huolimatta sen jatkuvasta lisääntymisestä maailmanlaajuisesti. M. Webster et al. 1997 ovat tutkineet valmistusalihankintaan liittyvää problematiikkaa ja havainneet siihen liittyvän tutkimuksen niukkuutta:

Study of the literature on outsourcing and related issues has revealed a dearth of work in this area in manufacturing sector. Definitions of subcontracting are scarce, and a generic working definition – which uses the term principal to refer to the prime contractor – has been developed (Webster, M. et al, 1997).

He määrittelevät valmistusalihankinnan seuraavasti:

Subcontract manufacture is the process by which a subcontractor (i.e. an organization with business objectives, which are independent of those of the principal), performs all or part of the manufacture of the principals product, to a customized specification (of varying detail) provided by the principal. Activities, which support this manufacture (e.g. materials, procurement, production planning, etc.) can be carried out by either party, subject to prior agreement (Webster, M. et al. 1997).

Tämä kuuluisi suomennettuna seuraavasti:

Valmistusalihankinta (subcontract manufacture) on prosessi, jossa alihankkija (on organisaatio, jolla on päämiehestä riippumattomat tavoitteet) suorittaa

kaikki tai osan päämiehen tuotteen valmistusvaiheista häneltä saamiensa spesifikaatioiden mukaisesti. Valmistukseen liittyvät aktiviteetit, kuten materiaalihan- kinta, tuotannosuunnittelu jne. voivat olla kumman tahansa vastuulla sopimuk- sen mukaan.

Alihankintatoiminnassa voidaan erottaa useita eri yhteistoiminnan tasoja. Voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin aliprosesseihin: 1) alihankkijan valintaprosessi, 2) valmistuksen ja suunnittelun välinen prosessi, 3) laadunvarmistusprosessi, 4) logistinen prosessi, 5) tuotannon suunnittelu- ja ohjausprosessi, 6) talousprosessi ja 7) sopimus- ja tilauspro- sessit.

Tässä yhteydessä keskitytään valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöprosessiin.

Missä tapauksissa sitten suunnittelijan pitäisi olla yhteistyössä valmistajan kanssa? On- ko yhteistyövaatimus yleinen, vai koskeeko se tiettyjä valmistusprosesseja, materiaaleja tai muotoja? Minkälainen yhteistyöprosessi tarvitaan uuden tuotteen kehittämisessä ja minkälainen se olisi olemassa olevan tuotteen edelleen kehittämisessä? Lienee selvää, että on olemassa konstruktioita, joiden suhteen suunnittelukriteerit ovat yleisesti tiedos- sa ja joissa valmistajan kanssa käytävät keskustelut eivät lisää konstruktion taloudelli- suutta. Voidaan päätellä, että jossakin kulkee raja, jonka ylitettyään suunnittelijan tietä- mys ei riitä, vaan tarvitaan yhteistyötä valmistajan kanssa. Rajanveto ei ole itsestään selvää. Suunnittelijan kokemuksen lisääntyttyä raja lähenee, samoin kuin koulutuksen- kin lisääntyttyä. Toisaalta valmistusmenetelmien ja materiaalien kehittyminen siirtää taas rajaa kauemmaksi, ja suunnittelijan tietämykseen syntyy uusi aukko. Eli näyttää siltä, että suunnittelijan on koulutettava itseään ja haettava kokemuksia koko uransa ajan, mikäli aikoo pysyä ajan hermolla jatkuvasti. Voisiko kehittämisvastuuta jakaa myös valmistajalle? Missä tapauksissa aloite voisi tulla valmistajalta?

Toisaalta mitä hyötyä sitten valmistajalle on yhteistyöstä? Valmistajan on usein raken- nettava tuotteen mukainen valmistusprosessi, joka koostuu erillisistä osista ja sisältää kiinnittimet, ohjaimet, työkalut, koneet jne. Eli tarvitaan investointeja ja muita aloitta- mistoimenpiteitä, jotka aiheuttavat kustannuksia ja vaativat aikaa. Tuotteen konstruktio määrittelee nämä kustannukset, jotka lopulta asiakas maksaa tavalla tai toisella. Näiden toimenpiteiden aikaisella toteutuksella voidaan lyhentää uuden tuotteen markkinoille saantiaikaa. Olemassa olevien, vakiintuneiden tuotteiden osalta voidaan kehittää tuot- teen kilpailukykyä edelleen ja näin taata tuotantotoiminnan jatkuvuus.

Voidaan ajatella, että on olemassa jonkinlainen kuilu suunnittelijan tämän hetken taito- jen ja olemassa olevien mahdollisuuksien välillä. Miten tämä kuilu sitten voitaisiin konkretisoida ja miten kuilun kiinnikuromiseen löydettäisiin keinoja? Mikä olisi kum-

mankin osapuolen rooli kuilun kiinnikuromisessa? Nämä pohdinnat antoivat osaltaan pontta tämän tutkimuksen käynnistymiseen.

1.1 Tutkimuksen taustaa

Aiempien VTT:n vetämien tutkimusprojektien (mm. INTERALI- ja PARTNET-projektit) kuluessa saatiin havaintoja, että alihankittavien tuotteiden konstruktioiden ja niiden valmistusjärjestävyydessä olisi kehittämismahdollisuuksia. Kummassakin projektissa keskityttiin alihankintaprosessin tuotannonohjauksen kehittämiseen uutta tietotekniikkaa (Internet) hyödyntämällä. Tuotannonohjauksen keskeinen ongelma-alue on valmistustoiminnan asetuskustannukset, jotka määrittelevät valmistuksen taloudellisen eräkoon. Näissä tutkimuksissa tarkasteltiin valmistettavia tuotteita hyvin läheltä, ajatellen mm. asetuskustannusten alentamista. Havaittiin, että tuotteissa on kehittämisen vaa- ra valmistusjärjestävyyden kannalta. Koska osat valmistetaan päähankkijan piirustus- ten mukaan, ei alihankkijalla ole yksin mahdollisuuksia konstruktioiden kehittämiseen. Tarvitaan yhteistyötä. Tästä syystä aihetta haluttiin tutkia tarkemmin ja katsoa minkä- lainen maailma havaintojen takaa paljastuu.

Tämä tutkimus on osa VTT:n vetämää KONEALI-projektia (pk-alihankintakonepaja- teollisuuden toimintaedellytykset ja -tavat). KONEALI-projekti jakaantuu kolmeen osi- oon: 1) alihankintaprosessin kustannusmallin kehittäminen, 2) asetuskustannusten ana- lyyysi ja 3) valmistuksen ja suunnittelun välinen yhteistyö alihankintaprosessissa.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaukset

Tutkimusongelmana on selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa ja sen tilaa tutkimushetkellä.

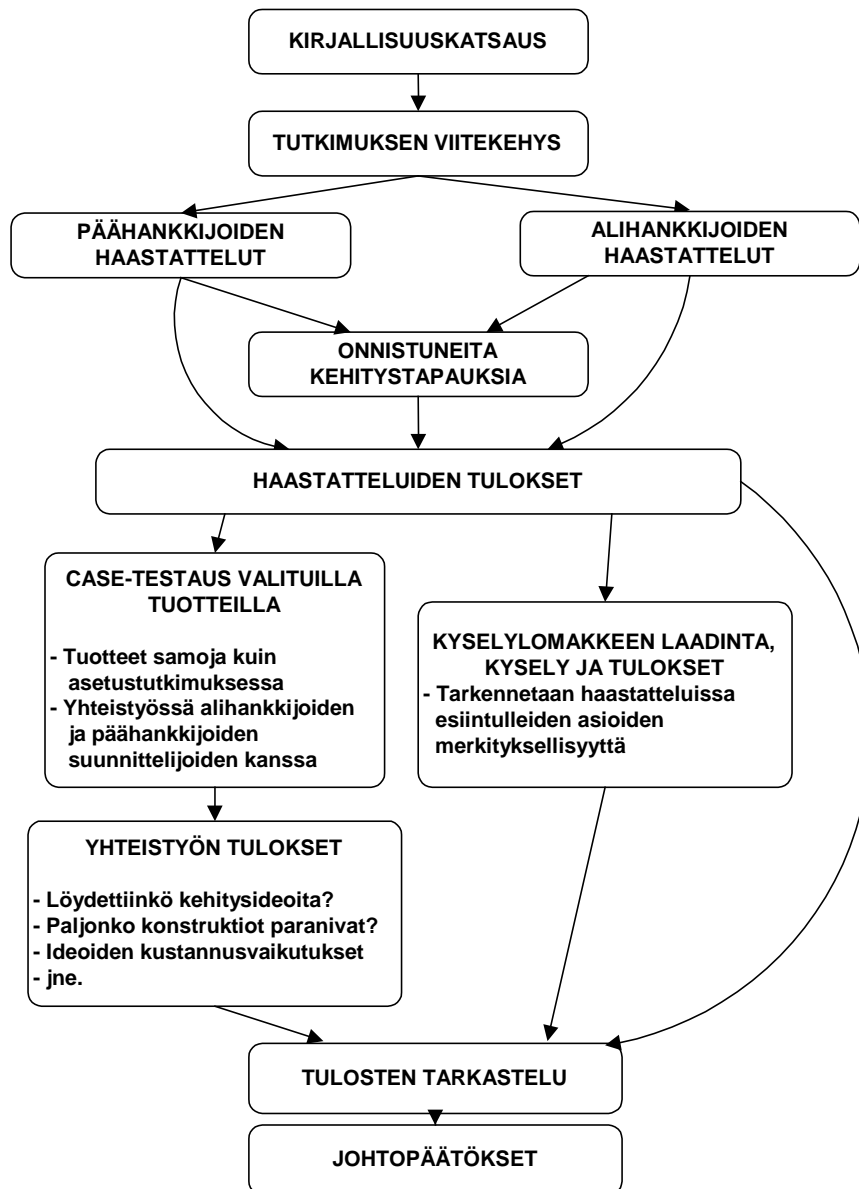
Ensisijainen tavoite on lisätä ymmärrystä yhteistyön erityspiirteistä. Lisäksi etsitään syitä mahdollisiin ongelma-kohtiin ja toisaalta selityksiä onnistumisiin. Tärkeänä tavoit- teena on myös löytää keinoja mahdollisten ongelma-kohtien poistamiseksi.

Tutkimukseen osallistui 12 yritystä, joista osa oli KONEALI-projektin ulkopuolisia. Mukana oli neljä päähankkijaa ja kuusi heidän alihankkijaansa sekä kaksi muuta ali- hankkijaa. Tutkimuksessa käsitellään asioita, jotka suurelta osin kuuluvat liikesalai- suuksiin. Tästä syystä tutkimusraportti on laadittu siten, että tuotteiden ja yritysten ni- miä ei mainita.

1.3 Tutkimuksen vaiheistus

Tutkimus vaiheistettiin seuraavasti (kuva 1):

- Kirjallisuuskatsaus, jossa tarkastellaan asiantuntijoiden näkemyksiä valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöstä.
- Laaditaan tutkimukselle viitekehys, jossa on keskeiset rinnakkaisen suunnittelun osa-alueet.
- Suoritetaan yrityshaastattelut avoimin kysymyksiin viitekehysten pohjalta.
- Haastatteluiden pohjalta eritellään yritysten mielipiteet ja onnistuneet kehityshankkeet omiin ryhmiin.
- Laaditaan haastatteluiden tulosten pohjalta kyselylomake, jonka yritykset täyttävät.
- Testataan aikatutkittujen tuotteiden kehitysmahdollisuudet yhdessä yritysten kanssa. Tuotteet ovat samoja kuin KONEALI-projektin asetustutkimusosiossa. Tuotteista on laadittu aikatutkimus, joka kertoo miten valmistuksen ajankäyttö jakaantuu työvaiheasetusten ja jalostavan työn välillä.
- Analysoidaan yhteistyön tulokset: löydettiinkö konkreettisia kehitysideoita, paljonko konstruktiot paranivat, minkälaisia kustannusvaikutuksia ideoilla on jne.
- Tulosten tarkastelu, jossa erityisesti pyritään löytämään selityksiä valmistuksen ja suunnittelun välisen yhteistyön problematiikkaan.
- Johtopäätökset, joissa kiteytetään tutkimuksen tulokset.



Kuva 1. Tutkimuksen vaiheistus.

2. Kirjallisuuskatsaus ja viitekehys

2.1 Kirjallisuuskatsaus

Rinnakkainen suunnittelu (Concurrent Engineering)

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä on käsitelty eri kirjallisuuslähteissä laajalti. Usein käytetty suomenkielinen nimitys yhteistyölle on rinnakkainen suunnittelu. Englanninkielisiä nimityksiä ovat mm. Concurrent Engineering, Simultaneous Engineering ja Parallel Engineering. Amerikan puolustusvoimat on ottanut käyttöön termin Concurrent Engineering (CE), joka on myös Amerikan teollisuuden käytössä. Japanilaisilla ei ole omaa vastinetta käsitteelle, mutta he ovat sisällyttäneet CE:n keskeisen sisällön muihin kehittämiskonsepteihin. CE tarkoittaa suunnittelu- ja valmistustoimintojen rinnakkaista suorittamista. Tavoitteena on tuotteen lyhyempi markkinoille saantiaika, tuotteen parempi laatu ja alhaisemmat kustannukset (Hartley 1992).

Tunnetuin Concurrent Engineering määritelmä on Prasadin mukaan seuraava: Concurrent Engineering is ”a systematic approach to the integrated, concurrent design of products and their related processes, including manufacture and support. This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product life-cycle from conception through disposal, including quality, cost, schedule and user requirements” (Winner et al. 1988).

Määritelmän mukaisesti rinnakkaisessa suunnittelussa pyritään systemaattisesti integroimaan tuotesuunnittelu tuotteeseen liittyviin prosesseihin, kuten valmistukseen ja tukitoimintoihin, ottaen huomioon tuotteen elinkaari konseptivaiheesta sen romutukseen, sisältäen laatu-, kustannus-, aikataulu- ja käyttäjänäkökulmat.

Rinnakkaissuunnittelun peruseriaatteita ovat:

- Varhainen ongelmien havaitseminen. Alussa löydetyt ongelmat on helpompi ratkaista kuin myöhemmin esiin tulevat.
- Varhainen päätösten teko. Alussa vaihtoehtojen määrä on suuri. Vaihtoehtojen nopea karsiminen on tärkeää. Tiimeillä on taipumus keksiä uusia ratkaisuita ja tehdä nopeita päätöksiä, jotka usein säilyvät.
- Kehittämistyön rakenteellinen osittaminen. Ihmiset eivät pysty tehokkaasti tekemään useita asioita samanaikaisesti.
- Tiimityö.

- Tiimin yhteinen ymmärrys. Tiimi toimii paremmin, kun jäsenet ymmärtävät toistensa tekemiset.
- Omistajuus. Tiimi toimii paremmin, jos kehitettävä tuote kuuluu sen jäsenille.
- Koko organisaatiolle yhteiset tavoitteet (Prasad 1996).

Ihmisten välinen kommunikaatio voi tapahtua eri tavoin. Posti, puhelin, telefax, sähköposti, tietokoneyhteydet ja tapaaminen ovat kaikki käyttökelpoisia menettelyitä. Useat asiantuntijat painottavat kasvotusten työskentelyn merkitystä.

Muutosvoimat

S. C. Wheelwright käsittelee tuotekehitystä ohjaavia muutosvoimia. Kolme tärkeintä ovat (Wheelwright 1992):

- Kansainvälisen kilpailun lisääntyminen. Kilpailijat ovat entistä aggressiivisempia.
- Hajallaan olevat vaativat markkinat. Ostajat vaativat enemmän ominaisuuksia.
- Monipuolistuvat ja nopeasti kehittyvät teknologiat, sekä tuotantoteknologiat että tuotteisiin liitettävät.

Nämä yhdessä ovat vaikuttaneet siihen, että uusia tuotteita tarvitaan entistä enemmän ja nopeammin markkinoille.

Näiden vaikutus muihin perinteisiin teollisuuden aloihin on myös suuri. Esimerkiksi Benetton on modernia tietotekniikkaa hyödyntämällä luonut tuotanto- ja jakeluverkon, jossa myymälät on integroitu logistiikkakeskuksiin ja valmistajiin. Tällä tavoin se on kyennyt alentamaan toiminnan kustannuksia ja lisäämään nopeutta eri prosesseissa.

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyössä muutosvoimat ovat vaikuttaneet uudenlaisiin tuotannon käynnistysproseduureihin. Tyypillisesti tehdään hyvin nopeasti prototyyppijä ja samanaikaisesti suunnitellaan tuotantoprosessi. Wheelwright (1992) painottaa erityisesti valmistusprosessin huomioonottamista jo hyvin aikaisessa tuotekehitysvaiheessa.

Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset

J. W. Foremanin (1990) mukaan ihmisten välinen kommunikaatio on yhteistoiminnan ydin (Foreman). Kommunikaatiota kuvaavat seuraavat tekijät. Se on

- tarkoituksellista
- tapahtumiin liittyvää
- symbolista
- monimutkaista
- henkilökohtaista
- peruuttamatonta.

Tutkimusten mukaan ihminen käyttää keskimäärin 50 % valveillaoloajastaan kuuntelemiseen. Edelleen on tutkittu, että vain 30 % kuunnellusta menee perille. Eli 70 % erilaisista ohjeista jää rekisteröimättä. Jotta kehitysprojektit onnistuisivat, on harjoiteltava kuuntelutaitoja. Tehokkaan kuuntelun vaikutuksia ovat seuraavat:

- Ihmiset tuntevat olonsa paremmaksi.
- Tiimin johtaja voi kehittyä paremmaksi johtajaksi.
- Rohkaisee tiimin jäseniä kehittämään itseään.
- Tukee yhteistyötä.
- Auttaa projektipäällikköä paremmin ymmärtämään ihmisiä.
- Varmistaa, että projektipäällikkö saa täydellisempää ja tarkempaa tietoa.

Ongelmana on löytää oikea kommunikointitapa. Kommunikaatio on taidetta. Sen hallinta on eräs tärkeimmistä projektipäällikön työkaluista ja ominaisuuksista. Se on suusanallista kieltä ja ”kehon kieltä”. Käyttäytymisen vaikutus on suurempi kuin ihmiset yleensä ymmärtävät.

J. R. Hartley (1992) käsittelee myös kommunikointikysymystä laajalti. Hänen mukaansa tietoverkkojen kautta toimiminen etäällä toisistaan ei riitä. Tarvitaan säännöllisten kokousten pitämistä, jolloin ihmiset tuntevat kuuluvansa johonkin ryhmään. Kokousten lisäksi myös CAD/CAM-järjestelmien käyttöönotto ja hyödyntäminen on erityisen tärkeää. Ihmiset voivat työskennellä samojen piirustusten ja dokumenttien ympärillä jo alkuvaiheesta lähtien. Tarvitaan vähemmän protoja ja lyhennetään läpimenoaika. Hän käsittelee laajemmin tietoverkkojen ja hajautettujen tietokantojen merkitystä osana CE:tä.

H. K. Tönshoff et al. (2001) on tutkinut valmistuksen ja suunnittelun välisiä informaatiovirtoja. Tutkimus pohjautuu aiempaan tutkimukseen (Tönshoff et al. 1999), jossa selvitettiin tuotesuunnitelmien valmistettavuutta. Tuloksien mukaan 35 % kaikista suunnitelmista palautettiin takaisin suunnitteluun huonon valmistusystävällisyyden vuoksi. Syynä ongelmiin oli yhteistyön puute myynnin, suunnittelun ja valmistuksen kanssa. Tuotteissa olevat muodot olivat vaikeita valmistaa, valitut materiaalit olivat vaikeita koneistaa ja eivät kuitenkaan tarjonneet tuotteelle erityisiä lisäominaisuuksia. Lisäksi suunnitteluosasto usein etsi ratkaisua ongelmiin, jotka olivat jo aiemmin ratkaistu. Tulosten pohjalta he pyrkivät kehittämään tietotekniikkaan perustuvia ratkaisuita, joilla parannettaisiin informaation jakelua organisaatioon (Tönshoff et al. 2001.).

J. R. Hartley (1992) käsittelee toimittajayhteistyötä, jossa hän painottaa sopivan avointa sopimuskäytäntöä. Sen sijaan, että toimittajat käyttäisivät aikaa sopimusteknisten yksityiskohtien viilaamiseen, he voivat osallistua tiimityöhön aktiivisena suunnittelukumppanina. Heidän käyttämästään ajasta ja asiantuntemuksestaan voidaan maksaa erillinen korvaus, sisällyttämättä sitä tuotteen hintaan.

Kehittämisen aloitteentekijänä voi olla joko asiakas tai valmistaja. J. M. Martin (1990) pitää tuotantoinsinöörien roolia kehittämisen johtajana erityisen tärkeänä. He voivat tuoda valmistuksen ja tuottavuuden näkökulmat suunnittelun tietoon; missä olemme hyviä, mitkä ovat valmistusprosessimme mahdollisuudet, CNC, kiinnittimet, asetukset jne. Edelleen hän painottaa valmistus- ja suunnitteluhenkilöstön jatkuvaa keskustelua. Hän laittaisi heidät lähekkäin, saman kahviautomaatin läheisyyteen.

J. G. Bralla yhteistyökysymystä tiimityön näkökulmasta: hänen mukaansa on mahdollista, että suunnittelija voi hallita valmistuksen niin hyvin, että pystyy tuottamaan hyviä konstruktioita itsenäisesti. Kuitenkin useimmat asiantuntijat pitävät suunnittelun ja valmistuksen välistä tiimityötä parhaana vaihtoehtona rinnakkaiseen suunnitteluun siirryttäessä, vaikka siihen liittyykin seuraavia riskejä:

- Tiimit ovat hankalampia johtaa kuin yksilöt. Tarvitaan herkkyyttä ja diplomatiaa.
- Kaikki eivät sovellu tiimityöhön. Eräät parhaista historian konstruktioista ovat yksilöiden tekemiä.
- Tiimityön kustannukset ovat suuremmat kuin yksilötyön.
- Tiimin jäsenen irrottaminen omasta tehtävästä aiheuttaa myös kustannuksia ja uusia ongelmia.
- Siirryttäessä tiimityöhön voi esiintyä vastustusta, joka on hyväksyttävä ja jotenkin ratkaistava.

K. B. Clark et al. (1991) on tutkinut valmistuksen ja suunnittelun yhteistyömuotoja japanilaisessa autoteollisuudessa. Valtaosa suunnittelutyöstä tehdään autovalmistajan toimesta. Valmistusprosessin kehittäminen on alihankkijan vastuulla. Korin osien valmistamisessa käytettävät työkalut autonvalmistaja usein tekee itse ja lainaa alihankkijalleen. Toimittajaverkot ovat yleensä alueellisia ja ovat ryhmittyneet lähelle autonvalmistajia. Tehokkaassa toimittajayhteistyössä osapuolien välinen toiminta ylittää viralliset organisaatorajat ja sopimukset. Siihen kuuluu päivittäiset kontaktit kokoonpanon ja toimittajien välillä. Toimittajien insinöörit ja myyntihenkilöstö käyvät jatkuvasti asiakkaan tekniikkayksiköissä. Sisäänkäynnin yhteydessä on tyypillisesti iso neuvotteluhuone riittävästi varustettuna, jotta yhteiset neuvonpidot olisivat mahdollisimman hedelmällisiä. Molemmat osapuolet tuovat ehdotuksia pöydälle, joita käsitellään.

Tuotteen, tuotantoprosessin ja tuotteen huoltojärjestelmän elinkaari

Tuotteen elinkaarivaihe vaikuttaa yhteistyöprosessiin. W. J. Fabrycky (1990) käsittelee tuotteen ja tuotantoprosessin suunnittelua tuotteen elinkaaren näkökulmasta. (Fabrycky). Tuotteen elinkaaren vaiheet ovat:

- Tarpeen tiedostaminen
- Tuotekonseptin laatiminen
- Alustavan tuotesuunnitelman laatiminen
- Yksityiskohtaisen tuotesuunnitelman laatiminen
- Tuotantosuunnitelman laatiminen
- Käyttöönotto
- Tuotteen käyttämisvaihe
- Tuotetuki
- Käytön väheneminen
- Käytöstä poistaminen.

Elinkaari on otettava huomioon jo tuotteen alkuvaiheesta lähtien. On huolehdittava tuotteen suorituskyvystä, luotettavuudesta ja huollosta.

Tuotteen elinkaaren aikana samanaikaisesti tuotantojärjestelmällä on oma elinkaari samoin kuin tuotteen huoltojärjestelmällä. Eli samanaikaisesti on olemassa kolme erillistä, yhteisesti koordinoitavaa järjestelmää, joiden elinkaarista on huolehdittava. Näiden järjestelmien välillä on vaihesiirto. Tuotantojärjestelmä alkaa tuotekonseptivaiheessa. Kolmas eli huoltojärjestelmä alkaa tuotesuunnitteluvaiheessa.

Suunnittelijan apuvälineet

Suunnittelijaa varten voidaan kehittää erilaisia tarkistuslistoja, joiden avulla hän paremmin muistaa huomioida valmistusnäkökulman. J. P. Tanner (1990) esittää tarkistuslistan valmistettavuuden arvioimiseksi:

- Materiaali, osto-osat ja komponentit:
- Standardimateriaalit
- Materiaalien soveltuvuus valmistusprosessiin
- Materiaalien luotettava saatavuus
- Materiaalien hintavaihtelut eri aikoina
- Materiaalien soveltuvuus lopputuotteen käyttöympäristöön
- Erikoisia materiaaleja käytettävä vain, kun erityisiä vaatimuksia
- Valmistettavat osat ja osakokoonpanot
- Järkevät toleranssit toiminnalliselta kannalta
- Onko toleranssit linjassa valmistusprosessiin, päästäänkö niihin luonnostaan
- Mittauspisteet, pinnat ja kiinnityspisteet
- Erikoisprosessien ja työvälineiden minimointi.

Uuden tuotteen siirto valmistukseen

R. C. Thurmond et al. (1990) keskittyy mekanismeihin, joilla suunniteltu tuote siirretään valmistusprosessiin. Useiden asiantuntijoiden mukaan tämä vaihe on erityisen kriittinen tuotteen elinkaaren aikaiselle kannattavuudelle.

Kriittiset tekijät voidaan jakaa kahteen osaan:

1. Tuotesidonnaiset tekijät, kuten sopivuus markkinoihin, sopivuus valmistavalle yhtiölle ja valmistettavuus.
2. Valmistusyrityksen sisäiset tekijät, kuten kulttuuri, ihmiset, rakenne ja teknologia.

Kulttuurilla tarkoitetaan yrityksen arvoja, historiaa ja teknologian vaihetta. Parhaiten menestyvillä yrityksillä on yleensä läheiset asiakassuhteet, ”älykäs” tuotevalikoima ja hyvin koordinoitu tasainen tuotekehitysprosessi.

Ihmisten osalta kriittisiä ominaisuuksia ovat osaaminen, taidot, asenteet ja motivaatio. Näistä asenteet ovat kriittisin ominaisuus. Tiimityön epäonnistumiseen vaikuttaa mm. seuraavat tekijät:

- Ryhmän suosituimmuusjärjestys ja henkilökohtaiset erot
- Henkilöiden erot taidoissa, koulutuksessa ja työtehtävissä
- Kilpailu vallasta, vaikutusvallasta tai johtajuudesta
- Henkilökohtaiseen työsuoritukseen vaikuttaa motiivit, jotka voivat olla demotivoivia tai motivoivia tekijöitä.

Valmistuslogistiikka

E. J. Budil (1990) painottaa valmistuslogistiikanäkökulmaa. Hänen mukaansa valmistuksen logistiikka on useimmiten sivuutettu ”Simultaneous Engineering” -keskustelussa. Valmistuksen logistinen järjestelmä käsittää materiaalin käsittelyn, prosessin tukijärjestelmät ja tehtaan tilajärjestelyt (layout). On melko yleistä, että vasta kun tuote on siirretty valmistukseen, aloitetaan varsinainen valmistussuunnitelman kehittäminen. Valmistusprosessin konfigurointi edellyttää jo tuotteen suunnitteluvaiheessa tapahtuvaa tiedonkeruuta ja sen hyödyntämistä.

Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa

S. Fox et al. (2000) tarkastelevat DFMA (Design for Manufacture and Assembly) -tekniikoiden soveltuvuutta tilausohjautuvaan räätälöityjen ja sekamuotoisten (bespoke and hybrid) tuotteiden tuotantoon (kuva 2).

TUOTE				
KOKOONPANO				
OSAKOKOONPANO				
OSAT				
KIINTEÄ R-AINE				
MUODOTON R-AINE				
KATEGORIA	RÄÄTÄLÖITY	HYBRIDI	KUSTOMOITU	STANDARDI
OMINAISUUDET	MÄÄRITTELE- MÄTTÖMÄT MUODOT JA VIIMEISTELY	MUUTTUVAT MUODOT JA VIIMEISTELY	VAIHTO- EHTOISET MUODOT JA VIIMEISTELY	KIINTEÄT MUODOT JA VIIMEISTELY

Kuva 2. Komponenttien standardointitasot eri tyyppisissä tuotteissa.

Standardituotteiden osalta lopputuotteet ovat ennalta määriteltyjä. Kustomoiduissa tuotteissa osakokoonpanot ovat ennalta määriteltyjä. Näissä kahdessa DFMA-tekniikoiden hyödyntämisellä voidaan saavuttaa suurta hyötyä. Hybridituotteissa voi olla standardiosia ja -osakokoonpanoja. Räätälöidyissä tuotteissa voi olla standardiosia ja raaka-aineita. DFMA-tekniikoiden käyttäminen on hyvin rajallista. Jokainen valmistaja joutuu itse kehittämään itselleen sopivat standardimenettelynsä. Kasvava ongelma on kuitenkin uusien materiaalien ja komponenttinvaihtoehtojen markkinoilletulo, joka lisää erilaisten variaatioiden määrää. Modulointi nähdään eräänä mahdollisuutena samoin kuin erillisten osien integrointi yhdeksi osaksi. Valmistusprosessissa asetusten kehittäminen, itse-paikoittuvien osien ja osien käsittelyn kehittäminen ovat myös mahdollista (Fox, S. et al. 2000).

2.2 Viitekehityksen muodostus

Kirjallisuuden ja yritysten kanssa käytyjen alustavien keskusteluiden pohjalta voidaan löytää seuraavat rinnakkaiseen suunnitteluun vaikuttavat tekijät:

1. **Muutosvoimat**, joista kansainvälisen kilpailun lisääntyminen ja entistä vaativammat ostajat lisäävät painetta kehittämiseen. Toisaalta nopeasti kehittyvät teknologiat pakottavat niiden hyödyntämiseen sekä tuotekehityksessä että tuotantoprosessien kehittämisessä.

2. **Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset** ovat kirjallisuudessa paljon käsitelty aihe. Yhteistyön merkitys vaihtelee, mutta on yleensä suuri.
3. **Tuotteen, tuotantojärjestelmän ja tuotteen huoltojärjestelmän elinkaari.** Nämä vaikuttavat mm. siihen, kuinka vanhoja piirustuksia tehtaalla liikkuu, päivitetäänkö konstruktioita valmistusteknologian kehittymisen myötä, miten varaosien valmistus on järjestetty ja vaikuttaako se valmistajan tuotantoprosessiin.
4. **Suunnittelijan apuvälineet**, joiden tarkoituksena on auttaa suunnittelijaa laatimaan valmistusystävällisiä konstruktioita.
5. **Uuden tuotteen siirto valmistukseen** on joissakin tapauksissa ongelmallista. Toisaalta standardityyppisissä konstruktioissa (mm. yksinkertaiset teräsakselit) valmistukseen siirto ei aiheuta ongelmia.
6. **Valmistuslogistiikka.** Onko suunnittelussa huomioitu tavaran siirto- ja käsittelyjärjestelmät ja minkälainen merkitys asialla on.
7. **Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa.** Standardi-, kustomoitu-, hybridi- ja räätälöity tuote. Minkälaisia tuotteita ovat ja onko mahdollisesti sovellettu DFMA- (Design For Manufacture and Assembly) tai vastaavia tekniikoita konstruktioihin?

3. Tutkimusmenetelmä ja tulokset

3.1 Yrityshaastattelut ja tulokset

Jokaista tutkimukseen osallistunutta yritystä haastateltiin käyttäen avoimia kysymyksiä. Haastattelut käytiin viitekehyksen pohjalta käyttäen kirjallisuuskatsauksen asiantuntijoiden näkemyksiä virikkeen antajina. Yrityksen edustajat kommentoivat omaa toimintaansa vapaasti. Kaikki kommentit kirjattiin sellaisenaan paperille. Haastatteluilla pyrittiin saamaan yleiskäsitys valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön tasosta ja selkiinnyttää yhteistyön painopistealueita.. Haastatteluiden avulla pyrittiin myös kartoittamaan mahdollisia onnistuneita kehitystapauksia.

Seuraavaan listaan on koottu keskeisiä kommentteja. Yrityksiä oli yhteensä 12 kpl, joista 8 alihankkijaa ja 4 päähankkijaa. Alihankkijoilta pyydettiin mielipiteitä heidän kaikkien asiakkaidensa osalta. Samoin päähankkijoilta pyydettiin mielipiteitä kaikkien heidän alihankkijoidensa osalta.

3.1.1 Alihankintayritysten kommentteja

Muutosvoimat (kilpailu, hajalliset markkinat, teknologia)

- Tähän kohtaan ei saatu erityisiä kommentteja.

Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset

- Päähankkijoilla erilaisia CAD-ohjelmia /versioita, joita vastaavat oltava myös itsellä.
- Päähankkijan suunnittelija ei ole kiinnostunut muutos- ja parannusehdotuksista.
- Päähankkijoilla yhteistyöhaluttomuutta.
- Muutosehdotukset eivät mene perille.
- Piirustuksissa olevia virheitä ei korjata, vaikka niistä on ilmoitettu.
- Päähankkijat eivät juurikaan kysy valmistukseen liittyviä asioita.
- Päähankkijat eivät yleensä pyydä osallistumaan tuotekehitysvaiheeseen.
- Kun piirustukset on saatu valmiiksi, suunnittelijat siirtyvät uusiin projekteihin ja vanhoihin piirustuksiin ei enää haluta palata.
- Jos konstruktion ehdottaa muutoksia, asiakas voi jopa suuttua: kokevat arvosteluna. Normaali käytäntö on nykyään, että vaikka huomattaisiin selviä kehityskohteita ja jopa puutteita, niitä ei kommentoida, vaan yritetään tehdä osat jollain lailla.

- Jotkut asiakkaat ovat kiinnostuneet kehitysideoista.
- Alihankkija voi olla myös aloitteentekijänä.
- Suunnittelu yhteistyö vaihtelee eri asiakkaiden kanssa. Joissakin tapauksissa ollaan mukana ideasta lähtien, joissakin tapauksissa asiakas tuo valmiit kuvat.
- Joissakin tapauksissa asiakas ei halua yhteistyötä liian varhaisessa vaiheessa. Voi olla tuote, joka halutaan pitää piilossa jostain syystä.
- Pelisääntöjä ei ole kenenkään asiakkaan kanssa suunnittelu yhteistyön osalta.
- Henkilövalinnat yhteistyö tiimeihin joskus epäonnistuneita.
- Valmistajaa ei valita uuden tuotteen kehitysvaiheessa.
- Yhteistyö ehdottoman välttämätöntä tänä päivänä.
- Yhteistyötä päähankkijoiden kanssa tehdään vaihtelevasti.
- Osallistuminen tuotekehitykseen on jatkuvaa. Uuden tuotteen osalta voimakas osallistuminen kehittämiseen. Pyrkimys on kehittää tuote valmiiksi valmistettavuuden ja koko logistisen järjestelmän osalta ennen tuotannon käynnistämistä.
- Lopulta kuitenkin raha ratkaisee yhteistyömenettelyt. Päähankkijalla on tässä avaimet kädessään.
- Joidenkin asiakkaiden kanssa yhteistyötä on ja muutosehdotuksia saatu perille.
- Alihankkijan motiivit osallistua konstruktion kehittämiseen heikot, koska päähankkija ei sitoudu pidemmällä tähtäimellä yhteistyöhön.
- Suunnittelun alussa pitäisi valita valmistaja, jotta valmistusmenetelmät olisi sisäänrakennettu konstruktioihin.
- Päähankkija tarjouskyselyttää tuotteita useilla alihankkijoilla, joten konstruktioihin ei ole motiiveita paneutua.
- Ihmisten asenteissa ja motivaatiossa ongelmia.
- Yhteistyön systemaattiset pelisäännöt puuttuvat.
- Kehittämisen aloitteentekijästä ei ole sovittu.
- Alihankkija voisi olla aloitteentekijänä olemassa olevien, toistuvien tuotteiden osalta.
- Pyörillä liikkuvia koneita valmistavat asiakkaat ovat ymmärtäneet yhteistyön merkityksen heti tuoteideasta lähtien. Alustavat kustannuslaskelmat heti alussa. Valmistusmenetelmät päätetään alussa, volyymit tiedetään.

Tuotteen, tuotantoprosessin ja huoltojärjestelmän elinkaari

- Asiakaselinkaari on eräs näkökulma. Asiakkaan tärkeys muuttuu sen kehityksen mukana. Jos asiakas on laskevilla markkinoilla ja sen toiminta vähenemässä, vähennee myös alihankkijan kiinnostus kehittämiseen.
- Asiakkaan kanssa pyritään aktiiviseen yhteistyöhön eri elinkaarivaiheissa.
- Hiipumisvaiheessa olevien tuotteiden elinkaarta voidaan joskus pidentää konstruktioita kehittämällä valmistusystävällisempään suuntaan.
- Tuotteiden elinkaaret lyhenemässä voimakkaasti.
- Tuotteiden elinkaaresta ei alkuvaiheessa ole yleensä tietoa.
- Kiinnittimissä ja jikeissä olevia puutteita ei korjata, koska ei nähdä pitkälle eteenpäin. Ei uskalla investoida uusiin menetelmiin.
- Varaosatoimituksia ei juurikaan ole ollut. On epäselvää, mistä päähankkija niitä tarvittaessa hankkii.
- Telepäätelaitedirektiivissä on 10 vuoden sääntö, jonka ajan laitteen myyjän on vastattava huollosta ja varaosista. Alihankkijan on säilytettävä valmistusdokumentit 10 vuoden ajaksi viimeisestä valmistuserästä. Tuotantovalmiutta ei kuitenkaan ole edellytetty.

Suunnittelijan apuvälineet

- Suunnittelu pitäisi jollain lailla yhdistää paremmin tuotantotekniikkaan.
- Peruskysymyksiä on, kuinka hyvin suunnittelija ymmärtää valmistustoimintaa. Olisi eduksi, että suunnittelijat ainakin jossain vaiheessa olisivat myös tehtaalla töissä.
- Toleranssit usein liian ahtaita.
- Toleranssit ja mittausmenetelmät pidettävä erillään.
- Mittauspisteissä ja kiinnityspisteissä ongelmia.
- Toisinaan mahdottomia konstruktioita palautetaan päähankkijalle.
- Asiakkaiden piirustuksiin ei aina voi luottaa.
- Kokeneet suunnittelijat vähenemässä, mm. jäävät eläkkeelle.
- Nuorista suunnittelijoista on myös hyötyä, he hallitsevat uusia suunnittelumenetelmiä. Esim. 3D-mallinnus on erinomainen väline oikein käytettynä. Käyttö edellyttää yhteistyötä valmistajan kanssa.
- Valmistusmateriaalit ovat toisinaan turhan korkealaatuisia.
- Yhteistyöprosessi toimii myös suunnittelijoiden koulutuksena.

- Suunnittelijat eivät ymmärrä tietotekniikan tarjoamia mahdollisuuksia.
- Suunnittelijat eivät ole perillä nykyisistä valmistusmenetelmistä.
- Suunnittelijat eivät hallitse mittausmenetelmiä.
- Suunnittelun CAD-järjestelmät ovat ongelma. 4 erilaista softaa eri asiakkaiden suuntaan eri versioineen aiheuttaa ongelmia.
- 3D-mallinnus on erinomainen väline oikein käytettynä. Käyttö edellyttää yhteistyötä valmistajan kanssa. Oli eräs tapaus, jossa suunnittelija laati 3D-mallin uudesta säiliöstä. Tämän jälkeen hän otti yhteyttä valmistajaan, jonka kanssa laadittiin valmistuspiirustukset ja kokoonpanokuvat.

Uuden tuotteen siirto valmistukseen

- Uuden tuotteen tuotantoon siirto on ongelmallista.
- Uusia tuotteita tulee jatkuvasti. Tuotantoon siirto on rutiinia eikä sinänsä ole ongelma.
- On tapauksia, joissa valmistus ei onnistu. Ilmoitetaan asiakkaalle, että ei tarjota.

Valmistuslogistiikka

- Alkuperäinen volyyymiennuste voi muuttua radikaalisti, kun tuotanto käynnistetään.
- Erään asiakkaan kanssa suunniteltiin kuljetuslaatikko, johon tuotteen eri osat laitettiin. Sama laatikko kulkee edestakaisin.

Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa

- Tähän kohtaan ei saatu kommentteja. DFMA-termiä tunnettiin jossain määrin, mutta erityistä systematiikkaa ei alihankkijat yhtä lukuun ottamatta olleet havainneet päähankkijoiden puolesta.

Muita kommentteja

- Alihankkijan ajanpuute ongelmana, ei ehdi paneutua konstruktioihin.
- Päähankkijat eivät halua maksaa suunnitteluyhteistyöstä.
- Jikien, työvälineiden ym. kustannukset hinnoiteltava tuotteisiin.
- Alihankkijoille nähtävissä uusia business-mahdollisuuksia suunnittelutoiminnassa. Päähankkijat voisivat siirtää valmistuspiirustusten laatimisen alihankkijan yhteydessä toimivaan suunnittelukonttoriin. Aihe etenee joidenkin päähankkijoiden kanssa.
- Kierrätettävyys tulossa uutena elementtinä.

3.1.2 Päähankkijayritysten kommentteja

Muutosvoimat (kilpailu, hajalliset markkinat, teknologia)

- Tärkein ratkaistava ongelma on markkinoiden ja suunnittelun välissä. Kilpailu on kovaa.
- Laserleikkaus on tuonut uusia mahdollisuuksia levyosien konstruointiin.

Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset

- Tuotteen elinkaaren alussa yhteistyö alihankkijan kanssa tärkeää.
- Alihankkija valitaan valmistusmenetelmien perusteella.
- Aloitusvaiheessa valittu alihankkija voidaan vaihtaa myöhemmin, jos lisääntynyt volyyymi saadaan halvemmalla joltakin muulta alihankkijalta.
- Valmistusmenetelmissä pyritään yleiskoneiden ja -menetelmien käyttöön, jotta varmistetaan vaihtoehtoisten alihankkijoiden käyttö.
- Tuotekohtaisia investointeja valmistusmenetelmiin vältetään.
- Ongelmana on saada aikaan jatkuva keskustelu aikaan alihankkijoiden kanssa.
- Yhteistyöprosessi on kriittisin asia, miten pitäisi organisoida.
- Kustannuslaskelmia on tehty erään tuotteen osalta avoimella periaatteella. Sama laskelma on kummankin osapuolen käytössä. Tuotteesta on tehty ns. ”indeksituote” (n. 3 vuotta sitten aloitettu). Indeksituote on kuvitteellinen, kuitenkin lähellä käytännön sovellutuksia. Indeksituotteen kustannuksia seuraamalla voidaan tehokkuutta seurata. Se toimii yhteisen kehittämisen perustana.
- Suunnittelijat ovat vierailleet alihankkijoiden luona ja päinvastoin.
- Kehittämisen aloitevastuu on molemmilla osapuolilla.
- Yritysten kulttuuriset tekijät ja ihmisten asenteet ovat erityisen tärkeitä asioita.
- Jatkuva muutos on tärkeää.
- Ymmärrys on ongelma. Asiat eivät mene aina perille.
- Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö jäänyt vähemmälle, koska pääpaino on suunnittelun ja markkinoiden välillä.
- Yhteistyösystemi olisi kehitettävä.
- Ideoiden löytäminen on yleensä helpompaa kuin niiden toteuttaminen.
- Kehittämisen eräänä ongelmana on eri tavoin ajattelevat ja eri tasoilla olevat organisaatiot. Alihankkijan intressit poikkeavat päähankkijan intresseistä.

- Yhteistyö alihankkijoiden kanssa ollut helppoa. Kun valmistus siirrettiin omasta tehtaasta alihankkijoille, on yhteistyötä ollut paljon, enemmän kuin oman tuotannon kanssa aikoinaan.
- Etäisyys alihankkijaan saattaa jopa helpottaa yhteistyötä.
- Aloitteentekijä kehittämisessä ei ole itsestään selvä. Voi olla suunnittelu, valmistus tai joku muu taho.
- Uusissa tuotteissa yhteistyötä alihankkijoiden kanssa mm. uusia materiaaleja sovellettaessa.

Tuotteen, tuotantoprosessin ja huoltojärjestelmän elinkaari

- Osien muuttamisessa on huomioitava riskit, varsinkin osissa, joihin kohdistuu erilaisia dynaamisia voimia. Osien konstruktioita on usein paranneltu vähitellen ja näin poistettu erilaiset lastentaudit. Lisäksi osia voidaan käyttää useissa eri lopputuotteissa. Osien ikä voi olla yli 10 vuotta ja niitä toimitetaan myös varaosiksi. Eli muutokset voivat olla hyvin riskialttiita.
- Tuotteen elinkaaren lopussa käy joskus niin, että loput osat romutetaan, kun ei ole huomattu keskustella alihankkijan kanssa ajoissa tuotannon lopettamisesta.
- Huolto- ja varaosavalmistus ei ole kriittinen asia. Aina löydetään valmistaja osille.
- Tuotteen elinkaaren alussa asiakasyhteistyön painoarvo suurempi kuin valmistusyhteistyö.
- Elinkaaren vakiintumisvaiheessa tehdään jatkuvaa parantamista tuottavuuden kohentamiseksi.
- Vanhoja tuotteita valmistetaan edelleen. Syynä voi olla, että asiakas laajentaa vanhaa prosessia ja haluaa samanlaisia laitteita kun on jo laitoksessa. Ei tarvita uusia huolto- ja varaosapäivityksiä.

Suunnittelijan apuvälineet

- Erikoismateriaaleja vältetään, helppo saatavuus tärkeä. Kierrätys uutena asiana.
- Tarkistuslistat osien ja osakokoonpanojen osalta täysin tekemättä.
- Suunnittelijoille tarvittaisiin tolerointiin, kiinnittämiseen, mittauksiin jne. liittyvää ohjeistoa.
- Mekaniikkasuunnittelu on hidasta verrattuna elektroniikkasuunnitteluun.
- Toleranssit ovat ainainen ongelma.
- Suunnittelussa muistettava tuotteen volyymit.

- Valmistus palauttaa lähes viikoittain piirustuksia suunnitteluun valmistusystävällisyyden parantamiseksi.

Uuden tuotteen siirto valmistukseen

- Tuotteen muutosprosessi on erityisen ongelmallinen sen jälkeen, kun tuote on saatu siirrettyä tuotantoon.

Valmistuslogistiikka

- Logistiikka pyritään ottamaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Esimerkkinä eräs tuote, jolle kehitetty oma kuljetushäkki.
- Valmistuslogistiikan huomioiminen hankala kehityskohde piensarjatuotannossa.

Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa

- Kun tuotanto on saatu käyntiin, ei konstruktio muutoksia tehdä vähään aikaan. Halutaan hyödyntää oppimiskäyrän mukainen tehokkuuden kasvu.
- Pyritään vähentämään erilaisia variaatioita ja moduloimaan tuotetta.
- Koska tuotanto on luonteeltaan piensarjatuotantoa, pitäisi yleiskoneilla pärjätä.

3.2 Onnistuneita kehitystapauksia

Onnistuneet kehitystapaukset ovat ajalta ennen tämän tutkimuksen tekoa. Tähän on valittu joitakin edustavia ja hyvin onnistuneita tapauksia. Yksi tapaus tarkoittaa päähankkija-alihankkija-yhteistyöparia.

Tapaus 1 (useita tuotteita)

Alihankkija toimittaa päähankkijalle metsäkoneiden osia. Päähankkijan toimintatapaan kuuluu ottaa valmistajat mukaan heti kehityksen alkuvaiheessa. Koneiden kehittämiseen osallistuu teollinen muotoilija. Yhteistyöprosessissa on mukana seuraavat osapuolet: 1) teollinen muotoilija, 2) päähankkijan suunnittelija, 3) lakien ja määräysten tuntija, 4) muoviosien tekijä ja 5) päähankkijan markkinointi. Alustavia kustannuslaskelmia tehdään heti alusta alkaen. Valmistusmenetelmät päätetään myös alussa. Kehittämisessä 3D-mallinnus on keskeisellä sijalla. Sen käyttäminen edellyttää hyvää yhteistyötä valmistajan kanssa. Normaalisti 3D-mallinnuksessa ei vielä oteta tarkkaa kantaa valmistusmenetelmään, vaan työpiirustusten teko aloitetaan muotoiluvaiheen jälkeen yhdessä alihankkijan kanssa.

Yhteistoiminta päähankkijan ja alihankkijan välillä on systemaattista ja on selvästi hyödyttänyt molempia osapuolia.

Tapaus 2 (kolme tuotetta)

Uusi kone Australian markkinoille. Alihankkija oli kehittämisprosessissa mukana heti alusta alkaen. Prototyyppejä saatiin testaukseen 6 viikossa. Konstruktio onnistui hyvin ja saatiin markkinoille nopeasti. Kone myy tällä hetkellä hyvin. Australialaisella päämiehellä oli muitakin valmistajakandidaatteja maailmalla, mutta päähankkija onnistui parhaiten. Yhteistyö hyödytti selkeästi molempia osapuolia.

Uusi X-kone, jossa otettiin käyttöön uusia materiaaleja ja muotoja. Koneessa on paljon muoviosia ja sen muotoilussa haettiin uutta ilmettä. Kehitysprojektissa oli alusta alkaen mukana teollinen muotoilija, suunnittelija, muoviosien valmistaja ja mekaniikkaosien valmistaja. Kehitysprojektin aikataulu viivästyi ja kehitysbudjetti ylittyi, mutta lopputulos onnistui yli odotusten. Koneita myydään huomattavasti enemmän kuin alun perin osattiin edes rohkeimmillaan ennustaa. Yhteistyö hyödytti selkeästi kaikkia osapuolia.

Vanhan konealustan uudelleen konstruointi. Koneen osalta oli syntynyt selviä kustannusten alentamispaineita. Koneen alustan uudelleen konstruointi tehtiin yhteistyössä suunnittelijan, päähankkijan tuotannon ja alihankkijan kanssa. Uusi konstruktio sovitettiin alihankkijan tuotantoprosessiin. Kustannussäästö oli useita kymmeniä prosentteja. Molemmat osapuolet hyötyivät selkeästi kehityshankkeesta.

Tapaus 3 (yksi tuote)

Alihankkijan ja päähankkijan yhteistyö käynnistyi onnistuneen suunnittelu-yhteistyön tuloksena. Alihankkija sai ensimmäiseen tuotteeseen muotoilijan lähtötiedot. Alihankkija konstruoi tuotteen omaan valmistusjärjestelmään sopivaksi ja laati valmistuspiirustukset, jotka hyväksyttiin päähankkijalla. Tuote onnistui täydellisesti ja tuotanto-toiminta käynnistyi, vaikka päähankkija epäilikin alussa, voiko hanke onnistua tällä tavoin. Molemmat osapuolet hyötyivät selkeästi kehityshankkeesta.

3.3 Kyselylomakkeen laadinta, kysely ja tulokset

Kyselylomakkeen laadinta ja kyselyn suoritus

Yrityshaastatteluiden pohjalta laadittiin kyselylomake, jonka yritykset täyttivät. Lomakkeessa kysyttiin sekä asiakkaisiin että valmistettaviin tuotteisiin liittyviä lukuja. Tavoitteena oli saada numeerista tietoa valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön nykyisestä

laajuudesta. Lisäksi haluttiin saada alihankkijan näkemys yhteistyön lisäämisen järjestyksestä kaikkien asiakkaidensa osalta.

Tavoitteena oli myös saada käsitystä siitä, onko yhteistyössä tapahtunut muutosta viimeisen vuoden aikana suhteessa historiaan. Tätä varten kysyttiin koko asiakas- ja tuotekantaan liittyvää yhteistyötasoa ja erikseen samat luvut viimeisen vuoden aikana tehtyjen tarjousten suhteen.

Kyselyä varten laadittiin lomake (kuva 3), joka lähetettiin alihankkijan edustajalle täytettäväksi.

Tuotteilla tarkoitetaan Valmistettavia osia	Monenko kanssa osallistuttu tuotekehitykseen	Monenko kanssa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen
Asiakaslukumäärä rekisterissä	_____	_____
Montako aktiivista asiakasta	_____	_____
Kuinka monelle tehty tarjouksia viimeisen vuoden aikana	_____	_____
Kuinka monelta on saatu uusia tuotteita tuotantoon	_____	_____
	Monessako tuotteessa osallistuttu tuotekehitykseen	Monessako tuotteessa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen
Tuotteiden lukumäärä tuoterekisterissä	_____	_____
Montako aktiivista tuotetta	_____	_____
Montako uutta tuotetta tarjottu viimeisen vuoden aikana	_____	_____
Montako uutta tuotetta saatu asiakkailta tuotantoon	_____	_____

Kuva 3. Kyselylomake.

Kyselyn tulokset

Kyselylomakkeet täytettiin vaihtelevasti. Useissa yrityksissä oli tehty erilaisia sekä rakenteellisia että organisatorisia muutoksia viime vuosien aikana. Muutosten vuoksi kaikki lomakkeen kysymykset eivät olleet joko relevantteja, niihin ei pystytty vastaamaan tai niihin ei haluttu vastata. Mm. kaksi yritystä on viime vuosien aikana keskitty-

nyt harvoin asiakkaisiin, joiden kanssa yhteistyötä on lisätty usealla eri osa-alueella. Yritykset täyttivät lomakkeen ainoastaan näiden asiakkaiden osalta.

Asiakkaiden osalta parhaiten vastattiin aktiivisia asiakkaita koskevaan kohtaan. Muiden kohtien vastauksia oli vähän, eikä niitä raportoida.

Tuotteiden osalta parhaiten vastattiin viimeisen vuoden aikana tarjottujen uusien tuotteiden kohtaan. Muilta osin vastauksia oli vähän, eikä niitä raportoida. Seuraavissa taulukoissa olevat yritykset ovat samassa järjestyksessä (taulukot 1 ja 2).

Taulukko 1. Asiakasosion tulokset.

Asiakasosio, kysymys: Montako aktiivista asiakasta ja....		
	Monenko kanssa osallistuttu tuotekehitykseen	Monenko kanssa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen
Yritys 1	15 %	ei vastausta
Yritys 2	15 %	30 %
Yritys 3	10 %	30 %
Yritys 4	15 %	40 %
Yritys 5	10 %	30 %
Yritys 6	100 %	100 %
Yritys 7	100 %	100 %
Yritys 8	ei vastausta	ei vastausta

Taulukko 2. Tuoteosion tulokset.

Tuoteosio, kysymys: Montako uutta tuotetta tarjottu viimeisen vuoden aikana ja...		
	Monenko kanssa osallistuttu tuotekehitykseen	Monenko kanssa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen
Yritys 1	20 %	40 %
Yritys 2	ei vastausta	ei vastausta
Yritys 3	ei vastausta	ei vastausta
Yritys 4	15 %	40 %
Yritys 5	5 %	30 %
Yritys 6	100 %	100 %
Yritys 7	ei vastausta	ei vastausta
Yritys 8	15 %	30 %

3.4 Case-testaus valituilla tuotteilla ja tulokset

Case-testaus tehtiin samoilla tuotteilla, joista KONEALI-projektin puitteissa tehtiin aikatutkimukset alihankkijan tuotannossa. Aikatutkimuksessa valmistuksen päävaiheet jaettiin tarkempiin työvaiheisiin erityisesti asetusten osalta. Asetukset oli jaettu sisäisiin-

ja ulkoisiin asetuksiin ja ne oli lisäksi luokiteltu tarkemmin asetusanalyysin näkökulmasta. Luokittelu perustuu Shigeo Shingon kehittämään SMED-järjestelmään (Single Minute Exchange of Die (Shingo, S. 1985).

Case-testauksen tavoitteena oli selvittää, saadaanko valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön avulla kehitettyä valittuja tuotteita sekä millä keinoin, millä kustannuksilla ja minkälaisia hyötyjä voitaisiin saavuttaa.

Testaus tehtiin siten, että aikatutkimuksen jälkeen pidettiin suunnittelukokous alihankkijan tehtaalla, johon osallistui tutkijoiden lisäksi valmistuksen edustajat. Kokouksessa haettiin kehitysideoita konstruktion valmistusystävällisyyden lisäämiseksi.

Lopuksi pidettiin yhteinen kokous päähankkijan suunnittelun ja alihankkijan edustajien kanssa. Kokouksessa käytiin läpi valmistuksen ehdottamat ideat tehdyn aikatutkimuksen pohjalta. Kokouksessa käsiteltiin konstruktioita laajemmin, ottaen huomioon myös muut mahdolliset tekijät. Suunnittelijalla oli ymmärrys konstruktion liittyvistä muista vaatimuksista.

Case 1

Tuote on hitsattu konstruktio, jonka päämitat ovat n. 500 x 100 x 100. Kyseessä on liikkuva osa, johon kohdistuu erilaisia dynaamisia voimia koneen toimiessa. Levyrunkoon on hitsattu holkki, johon kiinnitetään laakerit puristussoviteella. Siinä on 6 erillistä levyosaa, jotka hitsataan toisiinsa kokoonpanossa käyttäen kiinnittimiä ja ohjaimia. Hitsaus aiheuttaa rakenteessa vetelyä, josta syystä sitä on oiottava ja holkin laakeripinnat on kalvettava toleransseihin hitsauksen jälkeen. Aikatutkimuksen mukaan hitsaus, oikominen ja kalvinta ovat suurin kokonaisuus. Tuotteen ikä on n. 10 vuotta ja vuotuinen valmistusmäärä on n. 500 kpl.

Alihankkijan mahdollisuudet vähentää asetuskustannuksia ilman konstruktiomuutoksia ovat melko olemattomat.

Yhteistyökokousten tuloksena syntyi uusi konstruktio, jossa laser-leikkausta hyödyntämällä konstruointiin levyosa, jossa kaikki kuusi osaa korvataan yhdellä osalla. Hitsauksen vetelyt eliminoidaan konstruoimalla rakenne, jossa hitsausseama siirretään lähemmäksi holkin keskustaa ja muotoilemalla kiinnitys niin, että hitsausseamaa tulee tasaisesti holkin ympärille, jolloin vetelyt eliminoivat toisiaan. Lisäksi konstruktion tehtiin joukko muita muutoksia.

Kommunikaatiotapa oli kokous, joka oli tarpeen. Muutos edellytti sekä suunnittelijan että valmistuksen asiantuntemusta interaktiivisessa tilanteessa.

Lopputuloksena saatiin tuote, jonka kustannukset tulevat alenemaan n. 50 %.

Konstruktio muutos ei edellytä investointeja.

Case 2

Tuote on kiinnityslevy, joka on hitsattu konstruktio, jonka päämitat ovat n. 200 x 250 x 150. Kiinnityslevy on staattinen osa, johon kohdistuu erilaisia voimia. Tuotteessa oli 9 toisiinsa hitsattavaa osaa, joiden hitsaus toisiinsa on hidasta. Lisäksi tarvittiin kiinnittimiä ja ohjaimia.

Alihankkijan mahdollisuudet vähentää asetuskustannuksia ilman konstruktio muutoksia ovat melko olemattomat.

Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyönä syntyi uusi konstruktio, jossa koko tuote saadaan aikaan ilman hitsausta. Laserilla leikataan muodot aihioon ja särmäysvaiheen jälkeen tuote on valmis.

Kommunikaatiovälineenä oli puhelin, fax ja sähköposti. Kehittämisiongelma ei edellyttänyt kokouksia.

Lopputuloksena saatiin tuote, jonka kustannukset alenivat n. 70 %.

Muutos ei edellyttänyt investointeja.

Case 3

Tuote on teräslevystä valmistettu hitsattu osa, jonka päämitat ovat n. 1 000 x 600 x 200. Tuotteessa on useita osia, paljon reikiä sekä kiertein että ilman. Tarkkuusvaatimukset ovat korkeat, minkä vuoksi poraohjaimien ja hitsauskiinnittimien valmistukseen on kiinnitetty erityistä huomiota. Tuotteen ensimmäinen versio on vuodelta 1983, jonka jälkeen sitä on kehitetty vähitellen jatkuvassa yhteistyössä valmistuksen kanssa. Tuotteen ikä on n. 19 vuotta ja vuotuinen valmistusmäärä on n. 150 kpl.

Alihankkijan mahdollisuudet vähentää asetuskustannuksia ilman konstruktio muutoksia ovat melko olemattomat.

Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyökokouksessa löydettiin ainoastaan joitakin parannettavia yksityiskohtia, jotka sovittiin huomioitaviksi seuraavaa versiota kehitettäessä.

Tuote on erittäin pitkälle kehitetty jatkuvassa yhteistyössä valmistuksen kanssa, eikä kehityskohteita löydetty.

Case 4

Tuote on monimutkainen ruostumattomasta teräksestä valmistettu kotelo, jonka päämitat ovat n. 1 600 x 1 600 x 600 ja paino n. 500 kg. Kotelossa on lukuisa määrä pienempiä osia, jotka hitsataan toisiinsa käyttäen erilaisia kiinnittimiä ja ohjaimia. Myös piirrotusta käytetään joidenkin osien kohdalla. Hitsauksen jälkeen koteloa koneistetaan joistakin kohdin. Koneistusta varten koteloon hitsataan lisää tukia, joiden avulla se kiinnitetään ja jotka lisäksi jäykistävät koteloa ja vähentävät työstöväärähtelyitä. Kotelot suunnitellaan asiakaskohtaisesti ja valmistetaan yksittäistuotantona. Vuotuinen valmistusmäärä on n. 100 kpl. Erilaisten versioiden määrä on suuri, mutta kaikkien tuotteiden geometria on samankaltainen.

Alihankkijan mahdollisuudet vähentää asetuskustannuksia ilman konstruktio muutoksia ovat melko olemattomat.

Yhteistyökokousten tuloksena syntyi uusia ideoita valmistuskustannusten alentamiseksi:

- Kiinnitysalusta, johon kotelo kiinnitetään työstökoneen ulkopuolella, jolloin saadaan asetukset siirrettyä sisäisistä ulkoisiksi ja säästetään asetuksiin tarvittavaa aikaa huomattavasti. Kiinnitysalustan suunnittelussa on huomioitava työstövoimat, jotka aiheuttavat väärähtelyitä. Työkustannussäästöjen lisäksi hyödyksi saadaan työstökoneen kapasiteetin lisääntyminen.
- Laippojen halkaisijoiden standardointi. Nykyään laippojen halkaisijoissa voi olla muutaman millimetrin eroja. Mahdollistetaan mm. poraohjaimien teko ja joissakin tapauksissa varastoon valmistusta. Laippojen standardisointi vaikuttaa välillisesti kotelon muiden osien mitoittamiseen, joissa myös saavutetaan standardisointia.
- Ainevahvuuksien vähentäminen. Nykyisessä kotelossa on useita eri levypakkuuksia, jolloin osien paloittelussa haetaan eri levyjä moneen kertaan.
- Toleranssien tarkkuuden vähentäminen. Nykyisessä konstruktiossa on lukuisasti tarkkoja toleransseja, joiden tarkistaminen vähentäisi valmistuksen asetusajoja.

Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyökokouksessa käsiteltiin em. kohdat. Jokainen niistä edellyttää suurta ponnistusta. Kotelon peruskonstruktioit ovat ajalta, jolloin niiden myyntimäärät olivat huomattavasti nykyistä alemmat. Myös silloiset valmistusmenetelmät olivat nykyistä vaatimattomammat.

Kiinnitysalustan kehittäminen on vaativa tehtävä ja aiheuttaa paljon kustannuksia ja kokeiluita. Ratkaistavaksi ongelmaksi jää, millä resursseilla alustan suunnittelu ja kokeilu suoritetaan ja miten kustannukset maksetaan.

Laippojen halkaisijoiden standardisointi ja ainevahvuuksien vähentäminen edellyttää suunnittelun ja valmistuksen yhteistyötä.

Toleranssikysymys on ehkä hankalin. Tarvittaneen suunnittelijoiden koulutusta ja erilaisten mallitapausten läpikäyntiä

Kehittämisessä tarvittava resurssipanostus tulee olemaan merkittävä, josta syystä on aiheellista tehdä perusanalyysi mahdollisista kustannussäästöistä ja muista hyödyistä ennen kuin käynnistetään varsinainen kehityshanke.

Kommunikaatiomuotona oli kokoukset.

Case 5

Tuote on alumiinista valmistettu osa, jonka päämitat ovat n. 300 x 15 x 100. Tuote valmistetaan pääosin CNC-työstökeskuksessa, jonka jälkeen siihen porataan ja kierteitetään joitakin reikiä manuaalipystytorakoneella. Työstöjen jälkeen viimeistely tehdään käsityönä kaavarilla, jolla poistetaan purseet. Viimeisenä vaiheena tuote eloksoidaan. Tuotteen ikä on n. kuusi vuotta ja vuotuinen valmistusmäärä on n. 300–500 kpl.

Konstruktiota tarkasteltiin valmistuksen edustajien kanssa. Tuotteessa on paljon muotoja ja tarkkoja toleransseja, joita vähentämällä voitaisiin säästää työtä. Käsityönä tehtävää viimeistelyä voidaan jossain määrin siirtää työstökeskusvaiheessa tehtäväksi. Aseusten osalta ei löydetty selkeitä kehittämisvaihtoehtoja.

Päähankkijan ja alihankkijan välisessä yhteisessä kokouksessa ilmeni, että päähankkijalla on oma protopaja, jossa ensimmäiset tuotteet valmistetaan. Konstruktio kehitetään suunnittelijan ja protopajan yhteistyönä. Kun konstruktioista on saatu toimiva, lähetetään piirustukset osto-osastolle jonka tehtävänä on etsiä konstruktioille sopiva alihankkija.

Protopajan roolia tuotekehityksessä käsiteltiin yhteisessä kokouksessa. Esiin tuotiin mahdollisuus, että protopajan rooli on liian vahva suunnitteluvaiheessa. Protopajan valmistusmenetelmät eivät ole missään tapauksessa vertailukelpoisia alihankkijoiden menetelmiin. Kysymys on usein osista, joiden vuosivolyymi on n. 300–500 kpl ja joissa on merkittävä määrä erilaista työstöä.

Markkinoiden edellyttämät laatuja järjestelmävaatimukset hankaloittavat tuotteen kehittämistä. Konstruktiota ei otettu lähempään tarkasteluun suunnittelun kanssa.

Case 6

Tuote on alumiinilevystä valmistettu levy, jonka päämitat ovat 260 x 225 x 2. Tuotteessa on erikokoisia reikiä ja jyrsimällä tehty upotus. Levyssä on suuria tarkkuusvaatimuksia, joiden saavuttaminen valmistuksessa on ongelmallista. Osa toleransseista jää mitaamatta, koska mittausmenetelmää ei ole kehitetty. Mm. tasomaisuuden mittaus edellyttäisi tarkoitusta varten rakennettua mittalaitetta, jota myös päähankkijan tuotanto soveltaisi. Mittalaite olisi kehitettävä yhdessä päähankkijan kanssa. Tuotteen ikä on useita vuosia ja vuotuinen valmistusmäärä on n. 500 kpl.

Tarkkuusvaatimukset johtavat pitkiin asetusaikeihin.

Tehty työntutkimus toi valmistukseen uutta tietoa asetusten nykytilasta. Tehtaalla laadittiin toimintasuunnitelma asetustoiminnan kehittämiseksi.

Alihankkijan mahdollisuudet vähentää asetuskustannuksia ilman konstruktiomuutoksia ovat melko olemattomat.

Päähankkijan ja alihankkijan välisessä yhteisessä kokouksessa ilmeni, että ko. tuote kuuluu terveydenhoitoon tarkoitettuun laitteeseen, jota myydään eri maihin. Näiden laitteiden tuotannolle asetetaan erityisiä laatuja järjestelmävaatimuksia. Ne on testattava ja hyväksyttävä tiettyjen normien mukaisesti. Jokainen muutos aiheuttaa uuden hyväksyttämismenettelyn, mistä syystä muutoksiin ei kovin helposti lähdetä. Hyväksyttämismenettelyn kustannukset ovat korkeat ja vievät aikaa. Tässä tapauksessa nousi erityisen selvästi esille valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön merkitys hyvin varhaisessa tuotekehitysvaiheessa.

Case 7

Tuote on levystä valmistettu monimutkainen runko-osa, jonka päämitat ovat n. 300 x 110 x 500. Tuote on suunniteltu siten, että se leikataan ja rei'itetään levytyökeskuksessa yhtenä kappaleena ja särmätään monen vaiheen kautta valmiiksi tuotteeksi. Valmistuksessa toleranssit ovat ongelmana. Kun tehdään monta kanttia peräjälkeen ja lopputuloksen mitassa on toleranssi, on jokaisen kantin jälkeen laskettava jäljellä oleville toleransseille uudet arvot. Osa mitoista on sellaisia, että perusmittausmenetelmillä niiden mittaus ei onnistu. Toleranssiongelma ja mittauksen hankaluudesta huolimatta laatuongelmia ei ole juurikaan ollut. Susia ei synny ja osat ovat kelvanneet kokoonpanossa. Tuote on n. 3 vuotta vanha ja sen valmistusmäärä on n. 5 000 kpl per vuosi.

Yhteistyökokouksessa valmistuksen ja suunnittelun kanssa käytiin konstruktio läpi. Vaikka valmistuksessa onkin ongelmia, piti valmistuksen edustaja konstruktioita erittäin hyvänä. Suurin hyöty on, että on vain yksi osa, jolloin valmistuksen läpivienti on yksinkertaista.

Tässä konstruktiossa alihankkijan edustaja oli osallistunut tuotekehitykseen heti alusta alkaen.

Aikatutkimuksen mukaan suurin aika kuluu levyosassa olevien puristemutterien kiinnittämiseen. Näihin kuluva aika on n. 25 % kokonaisajasta. Vaihtoehtona olisi kierteellinen vetoreikä, joka voidaan valmistaa levytyökeskusvaiheessa. Aihetta on käsitelty jo aiemminkin, mutta eri syistä on päädytty puristemuttereihin.

Työryhmä ei löytänyt juurikaan kehitettävää tämän osan kohdalla. Asetusaika on hyväksyttävällä tasolla.

Case 8

Tuote on levystä valmistettu konealusta, jonka päämitat ovat n. 1 000 x 300 x 100. Tuote on alun perin tehty useasta eri levyosasta hitsaamalla. Nykyinen rakenne on äskettäin uudistettu yhdessä alihankkijan kanssa. Alusta valmistetaan yhdestä levyosasta, joka leikataan levytyökeskuksessa ja särmätään eri vaiheissa lopulliseen muotoonsa. Valmistuksen näkökulma on huomioitu erityisen voimakkaasti. Tuotteen ikä on n. 10 vuotta ja vuotuinen valmistusmäärä on n. 6 000 kpl.

Tuotteesta tehtiin aikatutkimus, jotta nähtäisiin, kuinka hyvin uudessa konstruktiossa oli onnistuttu.

Työryhmä ei löytänyt kehitettävää alustasta. Valmistuskustannusten säästö aiempaan konstruktioon verrattuna on useita kymmeniä prosentteja. Asetusaika on hyväksyttävällä tasolla.

4. Tulosten tarkastelu

4.1 Haastattelutulosten tarkastelu

Tavoitteena oli saada yleiskäsitys valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön tasosta ja lisäksi selkiinnyttää yhteistyön painopistealueita. Mihin järjestykseen viitekehyksen kohdat pitäisi sijoittaa kehittämisen kannalta? Alihankkijoiden kommenttien perusteella voidaan sanoa, että suunnittelu-yhteistyö yleisesti on heikolla tasolla. Jos se olisi hyvällä tasolla, olisivat kommentit painottuneet päähankkijoita kehuvaan suuntaan. Haastatteluiden perusteella ei kuitenkaan voida vetää tarkkoja johtopäätöksiä yhteistyön laadusta, mutta yleisnäkemyksien pohjalta voidaan muodostaa. Eli kehittämispotentiaalia on.

1. Muutosvoimat

Muutosvoimien merkitys oli kaikille osapuolille keskeistä. Kilpailu lisääntyy, markkinat vaativat enemmän ominaisuuksia ja teknologiat kehittyvät. Mikäli ulkoa tulevia muutosvoimia ei olisi, ei paineita kehittämiseenkään olisi. Muutosvoimat eivät kuitenkaan saaneet juurikaan painoa haastattelussa, ehkä juuri siksi, että niitä ei voi eliminoida. Keskityttiin kehittämisen painoalueisiin.

Tuotantoteknologian osalta lastuavissa koneissa on jossain määrin tapahtunut kehitystä, mutta suurin edistysaskel näyttää tapahtuneen levyn leikkauksessa. Laser-leikkaus on yleistynyt voimakkaasti, mikä näkyy konstruktioissa jo jossain määrin. Levyosia voidaan muotoilla hyvin vapaasti. Lisäksi leikkuupintojen reunoihin ei jää pursetta, ja näin vältetään jälkikäsitteilyä.

2. Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset

Toimittajayhteistyö nousi selvästi keskeisimmälle sijalle. Siihen liittyy eniten ongelmia ja kehittämisen potentiaalia. Jokaisella yrityksellä oli kokemusta yhteistyön puutteista ja toisaalta yhteistyön tuomista hyödyistä. Kaikki haastatellut olivat sitä mieltä, että yhteistyön pelisääntöjä ja organisointia olisi kehitettävä. Nykyiset menettelyt ovat vaihtelevia, eivätkä kenenkään osalta kirjallisessa muodossa.

Yhteistyön lisääntyessä ratkaistavaksi ongelmaksi jää resurssikysymykset kummallakin osapuolella. Varsinkin alihankkijoiden osalta esille nousi kehittämisresurssien puute. Nykyiset henkilöresurssit eivät riitä laajaan kehittämiseen. Jos resursseja lisätään, on ratkaistava kustannusten kattaminen. Miten päähankkijat ne maksavat? Yleiskustannusten kautta kaikille kohdistaminen vääristää hinnoittelua. Kustannusten aiheuttamis-

periaatteen mukainen kohdistaminen lienee oikeudenmukaisin periaate, eli päähankkijat maksaisivat tästä palvelusta tavalla tai toisella.

Kommunikaatiomenetelmät eivät sinänsä saaneet suurta sijaa. Yhteisessä käytössä olevia CAD-järjestelmiä ei ollut kenelläkään. Sähköpostin liitetiedostona lähetetään piirustuksia. Tällä tavoin voidaan tehostaa hallinnollisia rutiineita, mutta konstruktivisiin seikkoihin se ei vaikuta.

Informaatioteknologian kehittyminen (Internet- ja mobiilitekniikat) globaalina muutosvoimana ei juurikaan tullut keskusteluissa esille. Vaikka Internetistä puhutaan paljon tämän päivän liike-elämässä, sen merkitys valmistuksen ja suunnittelun yhteistyössä on ainakin vielä melko olematon.

3. Tuotteen, tuotantojärjestelmän ja tuotteen huoltojärjestelmän elinkaari

Tuotteen elinkaaren eri vaiheissa tapahtuvaa kehittämistä sivuttiin vain lievästi. Yleinen tapa näyttää olevan, että kun tuote on saatu kehitettyä toimivaksi, siihen ei juurikaan kaivota. Suunnittelijat selkeästi suuntaavat resurssit uusien tuotteiden kehittämiseen ja vanhat konstruktiot saavat jäädä ennalleen. Kuitenkin alihankkijoiden mielestä vanhoissa tuotteissa olisi huomattavan paljon kehittämisen varaa. Osa tuotteista on hyvin vanhoja, jopa yli 10-vuotiaita. Jo pelkästään valmistusmenetelmien kehittyminen ja uusien materiaalien soveltaminen antaisi aihetta vanhojen konstruktioiden päivittämiseen.

Päähankkijan kannalta vanhojen konstruktioiden päivittämisessä eräs ongelma on varaosahuolto ja osan käyttö useissa eri lopputuotteissa. Kun osaa on käytetty useissa erilaisissa lopputuotteissa pitkän ajan kuluessa, ei voida helposti muistaa eri tapausten olosuhteita, joissa osan tulee toimia (korroosio, staattiset- ja dynaamiset voimat, osalle varattu tila, johon sen on mahdollista, paino jne.). Lisäksi joidenkin tuotteiden rakennetta on paranneltu pienissä erissä eri syistä ja viimein saatu aikaan toimiva osa, jolloin jokainen muutos voi sisältää ennalta arvaamattomia riskejä.

Näistä syistä vanhojen osien muutokset on tehtävä hyvin harkiten.

Tuotanto- ja huoltojärjestelmiä ei sivuttu ollenkaan. Esimerkiksi varaosien valmistus ei näytä tuottavan minkäänlaisia ongelmia kenellekään. Huoltojärjestelmät ovat päähankkijoiden huolena, mutta eivät nousseet esille tärkeänä asiana.

Mielenkiintoisena yksityiskohtana tuli esille kahden alihankkijan näkemys asiakkaan elinkaaresta. He keskittyvät kasvavien ja pitkällä tähtäimellä kestävien asiakkaiden etsimiseen. Tämä on kirjattu heidän strategiaansa.

4. Suunnittelijan apuvälineet

Suunnittelijan apuvälineiden kehittämistä kaivattiin päähankkijoiden puolelta. Tarkistuslistojen laatimista osien ja osakokoonpanojen osalta pidettiin tärkeänä. Samoin tarvittaisiin ohjeita tolerointiin, kiinnittämiseen ja mittauksiin.

Erityisesti toleranssien ja sovitteiden osalta löytyi merkittävää kehittämisen varaa. Piirustuksia tarkasteltaessa löytyi yllättävän paljon toleransseja, joihin ei päästy millään. Lisäksi löytyi paljon mitoituksia, joita ei kyetty mittaamaan ollenkaan edes alihankkijan toimesta. Virheellisistä mitoituksista huolimatta osat usein toimivat hyvin päähankkijan lopputuotteen osana.

5. Uuden tuotteen siirto valmistukseen

Uuden tuotteen siirto valmistukseen oli joissakin tapauksissa ongelmallista. Alihankkijoiden kannalta uusia tuotteita tulee jatkuvasti ja siihen on totuttu. Päähankkijat olivat aiheesta enemmän huolissaan, varsinkin kun tuote on monimutkainen ja sisältää erilaisia laatuvaatimuksia. Päähankkijat, joille tämä on ongelma, ovat yleensä laatineet ohjeiston, jota siirtovaiheessa noudatetaan.

6. Valmistuslogistiikka

Valmistuslogistiikka ei noussut erityisenä asiana esiin. Useilla päähankkijoilla on käytössä osien kuljettamiseen tehdyt erikoislaatikot, joihin alihankkija pakkaa osat. Kuljetuslaatikko viedään sellaisenaan päähankkijan kokoonpanoon. Tältä osin ei näyttäisi olevan erityisiä ongelmia.

7. Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa

Kaikki alihankkijat valmistavat jossain määrin tilausohjautuvasti ainakin osan tuotannostaan. Toistuva erätuotanto on kuitenkin yleisin tuotantotyyppi, jolloin valmistus voi kulkea jossain määrin eri ohjauksessa kuin tilaus-toimitusprosessi. Tuotteen tyyppi ei erityisesti noussut esille. Pääpaino on toistuvan erätuotannon tuotteissa. DFMA-tekniikoita ei näytetä sovellettavan Suomessa alihankkijan näkökulmasta.

4.2 Onnistuneiden kehitystapausten tarkastelu

Kaikille onnistuneille kehitystapauksille oli yhteistä, että valmistaja oli mukana heti alusta alkaen. Kolmessa tapauksessa oli mukana teollinen muotoilija, jonka osallistumisesta on syytä tarkastella erikseen. Uuden tuotteen kehittämisprojekti on usein yllätyksellinen. Lopputulosta ei tarkoin tiedä hankkeen alussa. Projekti voidaan jakaa kahteen osaan: 1) tekninen osa, jolla tarkoitetaan hallinnollisia johtamisrutiineita, organisointia ja muuta muodollista toimintaa, ja 2) innovatiivinen osa, jossa osallistuvat ihmiset jostain syystä innostuvat luomaan uutta – innovoimaan.

Molempien merkitys on suuri. Ne ovat kuitenkin osittain riippumattomia. Vaikka projekti onnistuisi teknisesti hyvin, ei menestystuotetta välttämättä synny. Toisaalta, vaikka projekti epäonnistuisi teknisesti, voi lopputuloksena olla menestystuote.

Mikä sitten saa aikaan onnistuneen innovaatioprosessin? Eräs vaikuttava tekijä saattaa olla teollinen muotoilija. Kun muotoilija hahmottaa uuden tuotteen, hän ei pitäydy totutuissa muodoissa ja rakennemateriaaleissa. Näin ollen hänen hahmotelmansa ei ole piirrettävissä paperille suunnittelijalle tutuilla tavoilla. Suunnittelija joutuu uusille, ennestään tuntemattomille alueille. Hänen on opiskeltava uusia ratkaisuita, jolloin luontevin tapa on kysyä valmistajalta neuvoa. Tämä on ehkä eräs muutosvoima, joka saa aikaan luontevan yhteistyön suunnittelijan ja valmistajan kesken.

Haastatteluiden mukaan alihankkijoilla on laajempaa kiinnostusta osallistua tuotteiden kehittämiseen. Onnistuneissa tapauksissa kehittämisaloite on tullut päähankkijalta, eikä kukaan alihankkija ole kieltäytynyt osallistumasta.

4.3 Kyselyn tulosten tarkastelu

Asiakasosio näyttää, että valmistuksen ja suunnittelun välistä yhteistyötä tehdään melko vähän, lukuun ottamatta yrityksiä 6 ja 7. He ovat keskittyneet harvoin asiakkaisiin, joiden kanssa yhteistyötä on lisätty useilla eri osa-alueilla. Muiden osalta asiakkaista n. 10–15 % osallistuu yhteistyöhön tavalla tai toisella. Alihankkijoiden näkemyksen mukaan yhteistyötä olisi hyödyllistä kasvattaa n. 30–40 %:iin, eli n. 2–3 kertaa enemmän kuin nyt tehdään.

Tuoteosiossa yritykset 6 ja 7 poikkeavat muista, kuten edellisessäkin kohdassa. Muiden osalta n. 5–20 % tuotteista on tavalla tai toisella yhteisesti kehitettyjä. Alihankkijoiden mukaan määrä olisi hyödyllistä kasvattaa n. 30–40 %:iin, eli n. 2–3 kertaa enemmän kuin nyt tehdään.

Molempien osioiden luvut ovat hyvin samansuuntaisia, eli yhteistyötä olisi selvästi lisäävä.

Kun alihankkija vastaa lomakkeen kysymyksiin, hän ottaa pääasiassa kantaa piirustuksen ja oman valmistusprosessin väliseen yhteensopivuuteen. Useissa tapauksissa alihankkija ei tiedä minkälaiseen laitteeseen osa kuuluu, eikä näin ollen voi tietää osan muista konstruktivisista kehittämismahdollisuuksista. Tämä havainto tukee käsitystä, että vielä niinkin myöhään kuin piirustusta laatiessa suunnittelijan olisi hyödyllistä keskustella valmistajan kanssa yksityiskohdista.

Yhteistyössä tapahtunutta mahdollista muutosta ei vastausten pohjalta voida arvioida. Olisi pitänyt saada täydellisesti vastattuja lomakkeita enemmän.

4.4 Case-testauksen tulosten tarkastelu

- Liian tarkkoja toleransseja oli paljon.
- Sijainti- ja muototoleranssien ymmärtämisessä on puutteita sekä alihankkijoiden että suunnittelijoiden keskuudessa.
- Piirustuksissa on mittoja, joita ei normaaleilla konepajan mittausvälineillä kyetä mittamaan alihankkijan tuotannossa eikä päähankkijan tavaran vastaanotossa. Joissakin tapauksissa olisi hyödyllistä kehittää tulkki kummankin osapuolen käyttöön.
- Useissa case-tapauksissa löydettiin merkittäviä kehittämismahdollisuuksia yhteisessä suunnittelupalaverissa, jossa edustettuna oli kummatkin osapuolet.
- Osassa case-tapauksia ei löydetty kehitettävää. Näissä tapauksissa valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä oli tehty jo pitkään.
- Uusimmat valmistusmenetelmät eivät ole täysin suunnittelun tiedossa. Esimerkiksi laser-leikkauksen soveltamista voisi lisätä ja näin vähentää valmistettavien osien määrää.
- Alihankkijan mahdollisuudet asetuskustannusten alentamiseen yksinään olivat kaikissa tapauksissa olemattomat. Sen sijaan yhteisessä suunnittelukokouksessa saatiin heti tuloksia aikaiseksi, mikäli tuotetta ei aiemmin oltu yhteisesti käsitelty.
- Yrityksillä oli poikkeuksetta suuri kiinnostus yhdessä kehittämiseen. Vaikka tutkijat olivat kokouksissa läsnä, se ei haitannut ideointia ja uusien ratkaisuiden kehittämistä.

- Protopaja päähankkijalla aiheutti eräässä tapauksessa ongelmia. Kun suunnittelija sovittaa konstruktion omaan protopajaan, tulee ongelmia varsinaisen tuotannon käynnistämässä. Protopajaa tarvittaneen edelleenkin, mutta tuleva valmistaja olisi integroitava mukaan jollain lailla heti alusta alkaen.
- Laatujärjestelmävaatimukset tulivat eräässä tapauksessa voimakkaasti esille vanhojen tuotteiden muutoksissa. Jotkut lopputuotteet myydään markkinoilla, joilla edellytetään erityisiä hyväksymismenettelyitä tiettyjen laatujärjestelmien mukaisesti. Esimerkiksi terveydenhoidossa käytettävät laitteet, jotka käyvät läpi vaativat testaus- ja hyväksymismenettelyt. Jos näihin tuotteisiin tehdään pienikin muutos, on laite näiltä osin uudelleen hyväksyttävä. Näissä tapauksissa vanhojen konstruktioiden muutoksia tehdään vain erityisistä syistä.

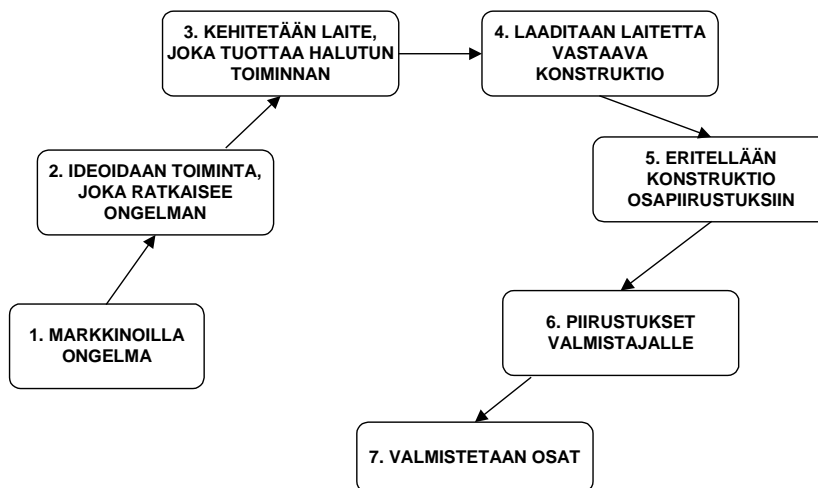
4.5 Tulosten yhteistarkastelua

Tulokset osoittavat selvästi, että valmistusteknologian huomioonottaminen suunnittelussa on monisyinen ongelma. Suunnittelijoiden kokemus ei millään voi riittää alati kehittyvän valmistusteknologian jatkuvaan huomioimiseen. Toisaalta tuotteen volyymit usein kasvavat ja alkuperäinen valmistusmenetelmä on vaihdettava taloudellisempaan. Valmistustoiminnan lisääntyvä ulkoistaminen on heikentänyt suunnittelijoiden valmistusteknistä osaamista samoin kuin kokeneen suunnittelijakunnan eläköityminen ja muista syistä ammatissa lopettaminen. Tilannetta hankaloittavat edelleen markkinoilla lisääntyvät laatujärjestelmävaatimukset, jotka on ulotettava tavalla tai toisella alihankkijoiden toimintaan saakka.

Yleinen globalisaatio on avannut rajoja ja lisännyt kilpailua edelleen. Tuotannon siirto halvan työvoiman maihin on saamassa lisääntyvää jalansijaa myös suomalaisessa teollisuudessa. Halvemmalla työvoimalla voidaan helposti kompensoida rakenteelliset kustannusongelmat, mm. epätaloudelliset konstruktiot.

Tulosten valossa näyttääkin siltä, että yhteistyön voimakas lisääminen on ainoa keino nopeasti siirtää valmistusteknistä osaamista suunnittelijoiden kautta konstruktiioihin. Suunnittelijoiden koulutuksessa näyttäisi myös olevan kohentamisen varaa. Tästä on osoituksena mitoitus- ja tolerointiongelmat sekä mittausmenetelmien heikko hallinta.

Jos tarkastellaan koko tuotekehitysprosessia markkinoiden tarpeesta lähtien, voidaan erottaa ainakin seuraavat osat: 1) markkinoilta löydetään ongelma, 2) ideoidaan toiminta, joka ratkaisee ongelman, 3) kehitetään laite, joka tuottaa halutun toiminnan, 4) laaditaan laitetta vastaava konstruktio, 5) eritellään konstruktio osapiirustuksiin, 6) lähetetään piirustukset valmistajalle ja 7) valmistetaan osat.



Kuva 4. Tuotekehitysprosessi.

Kuvan 4 kohta 6 on perinteinen vaihe, jossa alihankkija saa piirustukset käsiinsä. Kyselytutkimuksen tulokset osoittavat, että vielä tässäkin vaiheessa kannattaa yhteistyötä lisätä.

Haastattelututkimuksessa alihankkijat ja päähankkijat ottivat kantaa koko tuotekehitysprosessiin ja kannattivat yhteistyön lisäämistä koko prosessiin. Alihankkijat painottivat osallistumista erityisesti. Päähankkijat kannattivat myös, mutta vallitseva hankintapolitiikka ei kaikilla mahdollista alihankkijan valintaa heti kehitysprojektin alussa. Halutaan siirtää alihankkijapäätös myöhäisempään hetkeen.

Case-tutkimus osoitti, että käsittelemällä konstruktiio yhdessä suunnittelun, valmistuksen ja muiden asianosaisten kanssa, voidaan osa suunnitella kokonaan uudelleen ja säästää merkittäviä kustannussäästöjä, ollaan yleensä kuvan kohdassa 4 tai 5.

Onnistuneissa kehitystapauksissa valmistaja osallistui prosessiin heti alusta alkaen. Parhaat tulokset saavutettiin, kun yhteistyö alkoi kuvan kohdassa 3. Ratkaistavaksi ongelma jää, miten yhteistyöprosessia voitaisiin kehittää tähän suuntaan.

4.6 Yhteistyön lisäämisen mahdollisuudet ja keinot

Yhteistyötä tarvitaan tuotteen koko elinkaaren ajan, alusta loppuun. Yhteistyömuoto elinkaaren eri vaiheissa on selvästikin erilainen. Uuden tuotteen kehitysprosessi poikkeaa huomattavasti olemassa olevan tuotteen parantamisesta.

Yhteistyö näyttää jakaantuvan kahteen erilliseen osaan:

1. Yhteistyöprosessin tekninen organisointi. Tarvitaan ennalta suunniteltu johtamisjärjestelmä, joka sisältää kokousmenettelyt, raportit, kustannusseurannan, aikatauluseurannan, vastuut ja valtuudet, jne.
2. Yhteistyöprosessin innovatiivinen osa. Selvitetään, millä tavoin saadaan aikaan menestyksellinen innovaatioprosessi, jossa kaikki osapuolet antavat kaikkensa ja vähän yli.

Joissakin tapauksissa yhteistyö on ilmeisestikin projektityyppistä, eli hankkeella on alku ja loppu. Joissakin tapauksissa yhteistyö voisi ehkä olla prosessityyppistä, toimien jatkuvasti.

Haastatteluissa ilmeni, että kaikki osapuolet pyrkivät jonkin asteiseen riippumattomuuteen, eli hyvin voimakasta sitoutumista yhteen osapuoleen vältetään. Halutaan välttää riskejä. Alihankkijat tyypillisesti haluavat rajoittaa yhden päähankkijan osuuden selvästi alle 50 %:iin kokonaisvolyymista. Toisaalta päähankkijat useissa tapauksissa haluavat vähintään kaksi toimittajaa per tuote, varsinkin kriittisissä osissa. Yhteistyön aloittaminen tuotekehitysprosessin alussa edellyttää toimittajan valintaa jo tuolloin, vaikka ei vielä tiedetä minkälaisia osia tullaan valmistamaan ja millä hinnoin. Jotkut tutkimuksensa olleet yritykset olivat ratkaisseet ongelman ja yhteistyö toimii.

Näiden haastatteluiden ja pohdintojen pohjalta herää joukko kysymyksiä, mm.:

- Jos päähankkija sitoutuu yhteen alihankkijaan, millä voidaan vakuuttua siitä, että valmistajan osaaminen on jatkuvasti maailman luokkaa?
- Edelleen millä varmistetaan valmistuksen jatkuminen, jos alihankkijalle tapahtuu jotakin?
- Millä alihankkija pärjää, jos päähankkijalle tapahtuu jotakin tai tuotteen valmistus päättyykin ennen aikojaan?
- Millä edellytyksillä alihankkija voisi investoida tuotekohtaisiin valmistuslinjoihin?
- Jos alihankkijalla on suuri joukko päähankkijoita, miten varmistetaan sen jatkuva mielenkiinto jatkuvaan kehittämiseen?
- Miten pitkälle alihankkijan henkilöresurssit riittävät yhteistyöhön, varsinkin jos on useita päähankkijoita?

- Pitäisikö alihankkijoiden keskittyä nykyistä huomattavasti harvempiin päähankkijoihin, eli karsia osa asiakkaista pois?
- Pitäisikö päähankkijoiden omistaa alihankkijoiden osakkeita, jotta vaikutusmahdollisuudet säilyvät?

Yhteistyön perusedellytyksenä lienee keskinäinen luottamus. Miten se sitten saavutetaan, jää ratkaistavaksi ongelmaksi. Kysymys on ongelmallinen erityisesti päähankkijan kannalta. Heidän olisi tehtävä toimittajavalinta aikaisessa vaiheessa ja luovuttava perinteisestä tarjouskilpailumenettelystä. Alihankkijoille aikainen mukaan tulo on myös ongelmallinen. Pitää sitoutua resurssien käyttämiseen, vaikka ei vielä tiedetä minkälaista tuotantoa uusi tuote tulee edustamaan. On myös riski, että tuotekehityshanke epäonnistuu ja kaikki käytetyt resurssit valuvat hukkaan.

Vallitseva markkinatalousjärjestelmä perustuu vapaaseen kilpailuun, jossa jokaisella toimijalla on itsekäät tavoitteet. Luottamuksen rakentaminen näissä puitteissa on hyvin ongelmallista, mutta monien tutkimusten mukaan ainoa mahdollisuus selvitä hengissä verkostoituvassa maailmassa.

5. Johtopäätökset ja suositukset

Tutkimuksen perusteella näyttää sitä, että eniten kehittämispotentiaalia on seuraavissa alueissa:

1. Toimittajayhteistyö

Toimittajayhteistyössä tärkeimpänä olisi systemaattisuuden lisääminen, ehkä kirjallisesa muodossa oleva yhteistyöproseduuri, joka olisi lisätty sopimukseen. Erityisen tärkeää olisi erilaisten yhteistoimintaa jarruttavien esteiden tarkempi analyysi ja niiden poistamiseen tähtäävät menettelyt. Yhteistyökysymykset ovat joissakin tapauksissa hankintastrategiaan kirjattavia asioita. Pitkäaikaisilla sopimuksilla voidaan useissa tapauksissa vähentää yhteistoiminnan esteitä. Erilaiset tarjouskyselymenettelyt ovat myös omiaan heikentämään luottamusta.

Tutkimuksen tulokset tukevat ajatusta, että valmistajan valinta heti alusta lähtien ja konstruktion kehittäminen tiiviissä yhteistyössä tuottaa parhaat tulokset. Päähankkijan kannalta keskeiseksi kysymykseksi nousee oikean alihankkijan valinta. Millä kriteereillä se pitäisi valita? Päähankkijalla on oltava hyvä valmistustekniikan tuntemus, jotta valinta osuu oikeaan. Alihankkijan kannalta keskeinen kysymys on kehittämisresurssien löytäminen yhteistyön volyymin lisääntyessä. Alihankkijalle lisääntyneiden kustannusten kohdistaminen ja veloittaminen nousee myös ongelmaksi. Jos kustannukset lisätään yleiskustannusten kautta kaiken tuotannon päälle, on kaikkien asiakkaiden tuotehintoja nostettava. Jos taas kustannukset lisätään ko. päähankkijan tuotteiden päälle, on riski, että kilpailija pystyy tarjoamaan halvemmalla valmiiksi kehitetyn tuotteen seuraavassa tarjouskierroksessa. Selkein tapa olisi, että alihankkija veloittaisi syntyneet kustannukset siltä asiakkaalta, jonka tuotteita kehitetään. Ongelmaan ei ole valmista ratkaisua. Kun yhteistoimintaa muutetaan em. suuntaan, lienee järkevää vähentää kummankin osapuolen riskejä sopimusteknisin keinoin.

2. Tuotteen elinkaaren vakiintumisvaiheessa olevien tuotteiden edelleen kehittäminen -päivittäminen

Vanhoja tuotteita, joita valmistetaan ja myydään, on lukuisasti. Niiden edelleen kehittämiseen tarvittaneen myös jonkinlainen yhteistoimintaproceduuri. Näissä valmistaja voisi olla aktiivisempi osapuoli, koska muutokset syntyvät helpoiten tuotannon toimesta valmistusmenetelmien ja materiaalien kehittymisen myötä. Volyyminmuutosten vaikutus näkyy myös ensimmäisenä alihankkijan tuotannossa. Alihankkijan aktiivinen rooli parantaisi myös hänen kilpailukykyään. Päähankkijat todennäköisesti suosivat aktiivista alihankkijaa enemmän kuin passiivista. Kehittäminen luo myös uutta taloudellista jakovaraa, josta ainakin osan voisi olettaa jäävän alihankkijalle.

3. Suunnittelijan apuvälineiden kehittäminen

Suunnittelijoiden perusongelma on aina ollut valmistusmenetelmien ja niihin liittyvien asioiden puutteellinen tuntemus. Erilaisilla ohjeilla, koulutustapahtumilla ja yhteistointamenettelyillä voitaisiin pienentää suunnittelijan taitojen ja olemassa olevien mahdollisuuksien välistä kuilua, varsinkin, kun usealta taholta tuli esille huoli kokoneeman suunnitteluhenkilöstön vähenemisestä. Ongelmaksi muodostuu näiden apuvälineiden kehittämistä vastuu ja kehittämisen kustannukset.

6. Yhteenveto

Tutkimuksessa mukana olleilla alihankkijoilla on yhteensä n. 1 000 asiakasta. Näistä osa on päällekkäisiä, joten erillisten asiakkaiden todellinen määrä varovaisesti arvioiden lienee vähintään 500. Päähankkijoilla vastaavasti alihankkijoita on n. 50. Suomalaista pk-konepajateollisuutta ajatellen määrä on suuri, joten tutkimuksen luotettavuus lienee hyvä ja tulokset hyvin yleistettävissä koskemaan koko suomalaista pk-konepajateollisuutta.

Tutkimus jakaantui kolmeen osaan:

- 1) Haastattelututkimus, jolla haettiin yleiskäsitystä valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä tasosta. Lisäksi kartoitettiin mahdollisia onnistuneita kehitystapauksia.
- 2) Kyselytutkimus, jossa alihankkijoille lähetettiin lomake täytettäväksi. Tavoitteena oli saada numeerista tietoa valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä laajuudesta.
- 3) Case-testaus valituilla tuotteilla. Jokaisen alihankkijan tuotannossa tehtiin aikatutkimus valittujen tuotteiden osalta. Nämä tuotteet käsiteltiin yhteisissä päähankkijan ja alihankkijan välisissä kokouksissa ja haettiin keinoja konstruktioiden taloudellisuuden lisäämiseksi.

Tutkimuksen tulokset

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö alihankintatoiminnassa on melko vähäistä, n. 10 –15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijan kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Alihankkijoilla olisi puolestaan mielenkiintoa lisätä yhteistyötä huomattavasti. Case-tapaukset puolestaan osoittivat, että lisäämällä yhteistyötä konstruktiovaiheessa voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä.

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön lisäämiseen liittyviä päätelmiä

Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista. Muutoksiin voi sisältyä ennakoimattomia riskejä. Joissakin tapauksissa markkinoiden edellyttämät laatuja järjestelmävaatimukset vaikeuttavat vanhojen tuotteiden muutoksia.

Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan väheneminen eläkkeelle ja muutoin. Valmistusteknologioiden hallinta suunnittelussa näyttää olevan

lisääntyvä ongelma. Suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen tulee olemaan eräs tärkeistä kehitettävistä asioista.

Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolten halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti. Halutaan hallita riskejä. Tästä on myös poikkeuksia. Tutkimuksessa oli kaksi alihankkijaa, jotka toimivat harvojen päähankkijoiden kanssa. Molemmat osapuolet olivat näin ottaneet riskin. Näissä tapauksissa yhteistyö oli jatkuvaa ja intensiivistä sekä myös tuloksellista.

Jatkotutkimusaiheita

Case-tutkimusosassa nousi esiin **teollisen muotoilijan rooli alihankinnan tuotekehitysprosessissa**. Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista syventyä muotoilijakysymyseen tarkemmin. Kuitenkin tutkijan subjektiivinen arvio eri keskusteluiden pohjalta on, että muotoilija vaikuttaa yhteistyötä lisäävään suuntaan. Hän hakee uusia muotoja, jolloin suunnittelija tarvitsee valmistajan näkemyksiä. Toisaalta muotoilijan osallistuminen madaltanee muutoinkin suunnittelijan ja valmistajan välillä olevaa aitaa.

Haastattelu- ja case-tutkimusosissa käsiteltiin **kommunikaatiomenettelyitä alihankinnan tuotekehitysprosessissa**. Tutkijat olivat mukana yhteisissä kehittämiskokouksissa, joista saatiin mielenkiintoisia havaintoja. Oli tapauksia, joissa alihankkijan asiantuntija vieraili ensimmäistä kertaa päähankkijan kokoonpanotuotannossa. Lisäksi tapauksia, joissa päähankkijan suunnittelija tapasi ensimmäistä kertaa alihankkijan edustajan. Vastaavia muitakin havaintoja tehtiin. Heräsi kysymys vallitsevien kommunikaatiomenettelyiden järkevyydestä. Onko järkevää pyrkiä aina kun mahdollista käyttämään sähköisiä tiedonvälitystapoja vai olisiko sittenkin järkevää siirtyä vanhanaikaiseen palaveri- ja kokousmenettelyyn?

Haastattelu- ja case-tutkimusosissa käsiteltiin laajalti myös **yhteistyöprosessin rakennetta alihankintaprosessissa**. Aihe on melko uusi ja sisältää suuren määrän erilaisia vaihtoehtoisia menettelytapoja. Tutkijan näkökulmasta aihetta sivuttiin useissa käänteissä laajalti, mutta otteen saaminen ongelmasta on vaikeaa. Alihankintaprosessi jakaantuu useisiin aliprosesseihin, joihin liittyy useita eri henkilöitä molempien osapuolien organisaatioista. Pitäisi hallita talous ja riskit kummankin osapuolen kannalta. Tämän kohdan jäsentäminen ja käsitteellistäminen lienee järkevä jatkotutkimuksen aihe. Sopimustekniset kysymykset voidaan liittää tähän kohtaan.

Alihankintaosapuolien strategiavaihtoehtojen jäsentäminen. Tutkimuksessa oli kaksi alihankintayritystä, joilla oli harvoja asiakkaita, joiden kanssa yhteistyötä oli lisätty usealla eri osa-alueella. Molemmilla on kokonainen tehdasosa varattu vain yhdelle päähankkijalle. Näissä tehdasosissa on päähankkijaa vastaava toimintakulttuuri monelta

osin, mm. erilaiset paperirutiinit, laatu järjestelmät, tuotannonohjausperiaatteet jne. Mm. päähankkijan tietojärjestelmät on integroitu tiiviisti alihankkijoiden tietojärjestelmiin. Kummassakin tapauksessa päähankkijoilla on myös tavallisuudesta poikkeavat hankintastrategiat. Muut alihankkijat toimivat perinteiseen funktionaaliseen tapaan, eli useiden päähankkijoiden tuotteita valmistetaan samoilla valmistusprosesseilla. Tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista syventyä aiheeseen. Havaintojen ja keskusteluiden pohjalta näyttää siltä, että nämä kaksi yritystä ovat onnistuneet strategiavalinnassaan. Alihankintaosapuolien strategiavaihtoehtojen jäsentäminen ja käsitteellistäminen lienee ajateltavissa oleva jatkotutkimusaihe.

Lähdeluettelo

Bralla, J. G. 1998. Design for Manufacturability Handbook. 2. p. New York: McGraw-Hill. 1350 s.

Budil, E. J. 1990. How Process Logistics Planning Can Enhance The Effectiveness Of Simultaneous Engineering, SME Simultaneous Engineering Conference, June 1989. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Clark, K. B., Fujimoto, T. 1991. Product Development Performance. Massachusetts: Harvard Business School Press. 409 s.

Fabrycky, W. J. 1990. Design For the Life-Cycle, Mechanical Engineering, January 1987. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Foreman, J. W. 1990. Gaining Competitive Advantage by Using Simultaneous Engineering to Integrate Your Engineering, Design and Manufacturing Resources, CASA/SME AUTOFACT '89 Conference, October 1989. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Fox, S., Cockerham, G. 2000. Design for orders. Manufacturing Engineering, April 2000, Vol. 79, No. 2.

Hartley, J. R. 1992. Concurrent Engineering. 1. p. Portland: Productivity Press. 308 s.

Martin, J. M. 1990. The Final Piece to the Puzzle, Manufacturing Engineering, September 1988. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Prasad, B. 1996. Concurrent Engineering Fundamentals, Integrated Product and Process Organization. New Jersey: Prentice Hall. 478 s.

Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press. 361 s.

Tanner, J. P. 1990. Product Manufacturability, Automation, May 1989. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Thurmond, R. C. et al. 1990. Assessing the Development/Production Transition, Transactions on Engineering Management, November 1988. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Tönshoff, H. K. et al. 1999. Wissensbasiertes Datenmodell für Konstruktionen und Arbeitsplanung. Teoksessa: ZWF-Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 3/99. Carl Hanser Verlag. S. 108–111.

Tönshoff, H. K. et al. 2001. Know Work-An Approach to Co-ordinate Knowledge within Technical Sales, Design and Process Planning Departments. Teoksessa: Proceedings of the 7th International Conference on Concurrent Enterprising. UK: University of Nottingham. S. 231–239.

Webster, M., Alder, C., Muhlemann, A. P. 1997. Subcontracting within the supply chain for electronics assembly manufacture. International Journal of Operation & Production Management, Vol. 17. No. 9, 1997, s. 827–841.

Wheelwright, S. C., Clark, K. B. 1995. Leading Product Development. New York: Free Press. 176 s.

Wheelwright, S. C., Clark, K. B. 1992. Revolutionizing Product Development. New York: Free Press. 364 s.

Winner, R. I., Pennell, H. E., Berntrend, H. E., Slusarczak, M. M. G. 1988. The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition. IDA Report R-338. Alexandria: Institute of Defense Analyses.

Tekijä Kai Häkkinen			
Nimeke Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa Havaintoja suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002			
Tiivistelmä Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä pidetään yhtenä tärkeimmistä keinoista taloudellisiin tuotekonstruktioihin pyrittäessä. Valmistusmenetelmien huomioiminen konstruktiossa on erityisen haastavaa, kun tuotteen valmistaa alihankkija. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa ja etsiä syitä mahdollisiin ongelmakohtiin, selityksiä onnistumisiin sekä löytää keinoja ongelmakohtien poistamiseksi. Tutkimukseen osallistui 12 suomalaista yritystä. Tutkimus jakaantui kolmeen osaan: 1) haastattelututkimus, jolla haettiin yleiskäsitystä valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä tasosta, 2) kyselylomakkeen laadinta alihankkijoille täytettäväksi ja 3) case-testaus valituilla tuotteilla. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö alihankintatoiminnassa on vähäistä, n. 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijan kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Alihankkijoilla olisi puolestaan mielenkiintoa lisätä yhteistyötä. Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista. Muutoksiin voi sisältyä ennakoimattomia riskejä. Joissakin tapauksissa markkinoiden edellyttämät laatu- ja järjestelmävaatimukset vaikeuttavat muutoksia. Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan siirtyminen eläkkeelle ja väheneminen muutoin. Valmistusteknologioiden hallinta suunnittelussa näyttää olevan kasvava ongelma. Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolten halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti. Halutaan hallita riskejä.			
Avainsanat concurrent engineering, subcontracting, manufacture process, Finland, SME, metal industry, studies, evaluation			
Toimintayksikkö VTT Tuotteet ja tuotanto, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT			
ISBN 951-38-6105-8 (nid.) 951-38-6106-6 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)			Projektinumero G1SU00823
Julkaisu-aika Joulukuu 2002	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 52 s.	Hinta B
Projektin nimi KONEALI		Toimeksiantaja(t) Yritykset, VTT, Tekes, työministeriö	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Author Kai Häkkinen			
Title Concurrent Engineering in Subcontract Manufacture Process in repetitive production Observations in Finnish SME-metal industry in the year 2002			
Abstract Concurrent Engineering (CE) Process is one of the most important means to achieve competitive and economical products. To maintain an efficient CE-process is a big challenge in the field of subcontract manufacture. The goal of this study was to identify the most typical CE- related problems in the Finnish metal industry. Special emphasis was placed on small and medium-sized enterprises (SMEs) and their subcontract manufacture processes. Additionally, the goal was to find some success stories and to identify the underlying success factors. The study was carried out in association with 12 Finnish SMEs in the metal industry. The research project was divided into three parts: 1) an interview study to characterise the general status of present CE-processes, 2) a questionnaire for the participating subcontractors to examine their current CE-processes in more detail and 3) a case study of a real manufacturing process. The results of the study show that only 10–15 % of the main contractors involved in this study were maintaining a continuous CE-process. On the other hand, the subcontractors were willing to increase co-operation. Investing in the CE-process was found to be most important in connection with the development of new products. Updating the existing, old products is often very difficult, and design changes involve unexpected risks. Applied quality systems may also require additional testing and acceptance procedures, which further decreases companies' readiness for change. Because the number of experienced machine designers is decreasing all the time, the poor understanding of the manufacturing technology is becoming an ever increasing problem for main contractors. Young designers typically have a very weak manufacturing experience. Finally, the results suggest that the most important barrier for increased co-operation between main contractors and subcontractors is the lack of mutual trust. Both parties are commonly willing to have more than one partner in order to avoid risks.			
Keywords concurrent engineering, subcontracting, manufacture process, Finland, SME, metal industry, studies, evaluation			
Activity unit VTT Industrial Systems, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-6105-8 (soft back ed.) 951-38-6106-6 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)			Project number G1SU00823
Date December 2002	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 52 p.	Price B
Name of project KONEALI		Commissioned by Companies, VTT, The National Technology Agency (Tekes), Ministry of Labour	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES

VTT TUOTTEET JA TUOTANTO – VTT INDUSTRIELLA SYSTEM – VTT INDUSTRIAL SYSTEMS

- 2050 Kotikunnas, Erkki & Heino, Perttu. Turvallisen prosessilaitoksen suunnittelu. STOPHAZ-projektissa syntyneet työkalut. 2000. 44 s.
- 2058 Konola, Jari. Kunnossapidon tietojärjestelmä käyttövarmuustiedon lähteenä Suomen paperi- ja selluteollisuudessa. 2000. 25 s.
- 2061 Välisalo, Tero & Rouhiainen, Veikko. Luotettavuusjohtaminen työkoneteollisuudessa. 2000. 43 s. + liitt. 15 s.
- 2063 Tonteri, Hannele, Vatanen, Saija & Kuuva, Markku. Työkoneiden käytön jälkeisen käsittelyn suunnittelu. 2000. 32 s. + liitt. 4 s.
- 2064 Tonteri, Hannele, Vatanen, Saija & Kuuva, Markku. Design for end-of-life treatment of work machines. 2000. 32 p. + app. 4 p.
- 2066 Harju, Hannu. Ohjelmiston luotettavuuden kvalitatiivinen arviointi. 2000. 111 s.
- 2067 Baumont, Geneviève, Wahlström, Björn, Solá, Rosario, Williams, Jeremy, Frischknecht, Albert, Wilpert, Bernhard & Rollenhagen, Carl. Organisational factors. Their definition and influence on nuclear safety. Final raport. 2000. 65 p.
- 2077 Solin, Jussi (ed.). Plant life management (XVO). Report 1999. 2001. 68 p. + app. 3 p.
- 2098 Parikka, Risto, Ahlroos, Tiina, Halme, Jari, Miettinen, Juha, Salmenperä, Pekka, Lahdelma, Sulo, Kananen, Markku & Kantola, Petteri. Monitorointi ja diagnostiikka. 2001. 55 s.
- 2115 Luoma, Tuija, Mattila, Inga, Nurmi, Salme, Ilmén, Raija, Heikkilä, Pirjo, Salonen, Riitta, Sikiö, Teija, Lehtonen, Mari & Anttonen, Hannu. Elektroniikka- ja kemianteollisuuden suojavaatteet. Sähköstaattiset ominaisuudet ja käyttömukavuus. 2001. 92 s. + liitt. 12 s.
- 2117 Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit. Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus. 2001. 68 s. + liitt. 12 s.
- 2140 Reiman, Teemu & Oedewald, Pia. The assessment of organisational culture. A methodological study. 2002. 42 p.
- 2148 Aaltonen, Pertti, Bojinov, Martin, Helin, Mika, Kinnunen, Petri, Laitinen, Timo, Mutttilainen, Erkki, Mäkelä, Kari, Reinvall, Anneli, Saario, Timo & Toivonen, Aki. Facts and views on the role of anionic impurities, crack tip chemistry and oxide films in environmentally assisted cracking. 2002. 68 p. + app. 21 p.
- 2149 Hemilä, Jukka. Information technologies for value network integration. 2002. 97 p. + app. 1 p.
- 2150 Pöyhönen, Ilpo, Kylmälä, Kaarle, Harju, Hannu, Kemppainen-Kajola, Pia, Kuhakoski, Kalle, Spankie, Greig & Ventä, Olli. Vaatimukset ohjelmistoa sisältäville lääkintälaitteille. Hallinta ja menetelmät vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. 2002. 135 s. + liitt. 40 s.
- 2151 Harju, Hannu. Kustannustehokas ohjelmiston luotettavuuden suunnittelu ja arviointi. Osa 1. 2002. 114 s. + liitt. 15 s.
- 2156 Rääkkönen, Timo. Riskienhallinnan kehityskaari ja vaikuttavuusarviointi. Turvallisuus- ja ympäristö-riskit. 2002. 47 s. + liitt. 14 s.
- 2160 Hentinen, Markku, Hynnä, Pertti, Lahti, Tapio, Nevala, Kalervo, Vähänikkilä, Aki & Järviluoma, Markku. Värähtelyn ja melun vaimennuskeinot kulkuvälineissä ja liikkuvissa työkoneissa. Laskenta-periaatteita ja käyttöesimerkkejä. 2002. 118 s. + liitt. 164 s.
- 2171 Tonteri, Hannele, Vatanen, Saija, Lahtinen, Reima & Kuuva, Markku. Elinkaariajattelu työkoneiden ympäristömyötäisessä suunnittelussa. 2002. 33 s.
- 2173 Häkkinen, Kai. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa. Havaintoja suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002. 2002. 52 s.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää valmistuksen ja suunnittelun väli-
seen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden ali-
hankintaprosessissa. Toisaalta etsiä syitä mahdollisiin ongelmakohtiin,
toisaalta selityksiä onnistumisiin ja löytää keinoja ongelmakohtien poista-
miseksi. Tutkimukseen osallistui 12 suomalaista yritystä. Tulokset osoit-
tivat, että valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö on melko vähäistä, n.
10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijan kanssa yhteiseen tuote-
kehitykseen. Edelleen tutkimus osoitti, että sekä uusien että vanhojen
tuotteiden konstruktiivisessa kehittämisessä on suuri potentiaali. Kun aja-
tellaan suomalaisen teollisuuden kilpailukykyä, valmistuksen ja suunnitte-
lun yhteistyön lisäämisessä on merkittävä ja lähes hyödyntämätön mah-
dollisuus.

Tätä julkaisua myy
VTT TIETOPALVELU
PL 2000
02044 VTT
Puh. (09) 456 4404
Faksi (09) 456 4374

Denna publikation säljs av
VTT INFORMATIONSTJÄNST
PB 2000
02044 VTT
Tel. (09) 456 4404
Fax (09) 456 4374

This publication is available from
VTT INFORMATION SERVICE
P.O.Box 2000
FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 9 456 4404
Fax + 358 9 456 4374
