

Creon työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallinta globaalissa tuotekehitysympäristössä

Jaakko-Petteri Halttunen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä Halttunen, Jaakko-Petteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 17.04.2015
	Sivumäärä 82	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: (X)
Työn nimi Creon työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallinta globaalissa tuotekehitysympäristössä		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaajat Matilainen, Jorma Henell, Antti		
Toimeksiantaja Piippo, Petteri, Valtra Oy Ab		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Valtra Oy Ab:lle ja siinä oli mukana MP Soft Oy. Tarkoituksena oli kehittää työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallintaa meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa. Tavoitteina oli kehittää Drive-It -ohjelmaa työkokoonpanojen hallinnassa, luoda globaalin tuotekehityksen kehitystoimenpiteitä työkokoonpanojen hallinnan näkökulmasta ja ohjeistaa Creo Parametric 2.0 -ohjelmalla tehtävien työpiirustusten tekoa.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin kehittämistutkimusta, joka on tarkoitettu olemassa olevan kehittämiseen ja kehittämisen ideointiin. Kehittämistutkimuksen mukaisesti työ alkoi tuotekehitysympäristöjen nykytilojen kuvauksella, jonka perusteella määritettiin työn tavoitteilat. Tavoitteilojen saavuttamiseksi luotiin parannusehdotukset, joiden pohjalta suoritettiin muun muassa Drive-It:n kehittäminen. Kehittämistyön valmistuttua suoritettiin tulosten arviointi, jossa todettiin tulosten pätevyys.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina saatiin kehitettyä Drive-It:n käyttöliittymää ja Creo Parametric 2.0:ssa olevaa CAD BOMin runkoa. Globaaliin tuotekehitykseen liittyen luotiin kehitysehdotuksia joiden avulla kokoonpanojen hallintaa saadaan parannettua globaalissa tuotekehityksessä. Lisäksi luotiin piirustusohje Creolla tehtäviä työpiirustuksia varten. Tulosten avulla onnistuttiin kehittämään työkokoonpanojen hallintaa meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa. Jatkokehitystoimia ja niiden tarpeellisuutta pohdittiin työn lopuksi. Jatkokehitystoimia työkokoonpanojen hallinnalle ovat muun muassa Drive-It:n jatkokehittäminen kohti ominaisuuspohjaista konfiguraattoria, globaalin tuotekehityksen yhteisten toimintatapojen luominen sekä EBOM ja CAD BOMin yhtenäistäminen.</p>		
Avainsanat Kokoonpanojen hallinta, Globaali tuotekehitys, Drive-It, Creon työpiirustukset, Valtra Oy, MP Soft Oy		
Muut tiedot Liitteenä piirustusohje, 25 sivua.		



Author Halttunen, Jaakko-Petteri	Type of publication Bachelor's thesis	Date 17.04.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 82	Permission for web publication: (x)
Title of publication Managing Creo Working Layouts and Configurations in The Global Product Development Environment		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutors Matilainen, Jorma Henell, Antti		
Assigned by Piippo, Petteri, Valtra Inc.		
Abstract <p>The Bachelor's thesis was made for Valtra Inc. and MP Soft Inc. took part in it. The purpose of the bachelor's thesis was to develop the management of the working layouts and configurations in the global product development project. The target of the study was to develop managing working layouts in Drive-It, create development actions for global product development and create drawings instruction for Creo Parametric 2.0.</p> <p>The Research method in this study was development of research. According to development research the study started by describing the present state of research and development environments. The target states of the study were determined by using knowledge of the present state. Improvement proposals were created to achieve the target states, which were carried out to develop Drive-It. After the development of the research was carried out evaluation of the results, which indicated the validity of the results.</p> <p>The Results of the study were developing Drive-It user interface and body of the CAD BOM in Creo Parametric 2.0. Development proposals on the global product development were related to improving of assembly management. In addition, drawing instructions were created for working with Creo Parametric 2.0. The results were successfully used to develop the management of the working layout in the ongoing research and development project. The development plans and the needs were discussed in the conclusion part. Further development actions for the management of the working layout are, among other things further developing Drive-It towards feature-based configurator, creating a common operational mode for the global product development and harmonization of EBOM and CAD BOM.</p>		
Keywords Assembly management, Global product development, Creo drawings, Drive-It, Valtra Inc., MP Soft Inc.		
Miscellaneous The attached drawings instruction, 25 pages.		

Sisältö

1	Johdanto	8
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat.....	8
1.2	Toimeksiantajat – Valtra Oy Ab ja MP Soft Oy.....	9
1.3	Opinnäytetyön taustat.....	12
1.4	Opinnäytetyön tavoitteet	13
1.5	Aiheen rajaus	15
1.6	Työn toteutus.....	15
2	Työkoonpanojen hallinnan nykytila	17
2.1	Käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot.....	17
2.2	Työkoonpanojen hallinta Suolahden tuotekehitysympäristössä.....	19
2.3	Työkoonpanojen hallinta globaalissa tuotekehitysprojektissa	27
2.4	Työkoonpanojen hallinnan kehitystarve globaalissa tuotekehitysprojektissa	33
3	Koonpanojen hallinta globaalissa tuotekehityksessä	35
3.1	Tuoterakenne.....	36
3.2	Tuoteperhe	40
3.3	Moduuli.....	41
3.4	Tuotevarianttien hallinta	41
3.4.1	Konfigurointi	41
3.4.2	Konfiguraattori.....	42
3.5	Rinnakkaissuunnittelu.....	44
3.6	Tuotekehitysprosessit.....	46
3.6.1	Yleinen tuotekehitysprosessi	46
3.6.2	Vaihe-portti-prosessimalli.....	48
3.6.3	AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi	50
3.7	Gloaali tuotekehitys.....	50
3.8	Suunnittelumenetelmät.....	52
3.8.1	Bottom-up-menetelmä.....	53

	2
3.8.2 Top-down-menetelmä	53
4 Työpiirustukset	54
4.1 Osapiirustukset	54
4.2 Kokoonpanopiirustukset.....	56
5 Drive-Itin kehitys.....	57
5.1 CAD BOMin kehitys	57
5.2 Käyttöliittymän kehitys	60
6 Kokoonpanojen hallinnan kehittäminen globaalissa tuotekehitysprojektissa .	63
6.1 Group unitien eri statusten hallinnointi	63
6.2 Globaalin tuotekehityksen toimintatapojen kehittäminen	65
7 Group unit -piirustusten ohjeistus	66
8 Jatkokehitystoimet.....	69
8.1 Drive-Itillä tapahtuva kokoonpanojen hallinta	69
8.2 Globaali tuotekehitys.....	72
8.3 Piirustus ja asennusdokumentaatioiden tuottaminen	73
9 Pohdinta	74
Lähteet	79
Liitteet.....	82
Liite 1. Creo Drawings -ohjeistus	82

Kuviot

Kuvio 1. Valtran traktorien mallisarjat ja niiden teholuokat.....	11
Kuvio 2. Valtran järjestelmät ja niiden väliset vuorovaikutukset	19
Kuvio 3. Rakenteiden ja työkokoonpanojen välinen vuorovaikutus Suolahden tuotekehitysympäristössä	21
Kuvio 4. Feature-moodin käyttöliittymä	22
Kuvio 5. TR-moodin käyttöliittymä.....	23

Kuvio 6. Design-konfiguraattorin käyttöliittymä.....	24
Kuvio 7. Valtran tuotekehitysympäristön super EBOM	25
Kuvio 8. Koko mallisarjan CAD BOM Suolahden tuotekehitysympäristössä.....	26
Kuvio 9. Koordinaattipisteet group unitien paikoitusta varten	28
Kuvio 10. Creossa oleva CAD BOM -runko	28
Kuvio 11. Engine-välilehti Drive-Itin käyttöliittymässä	30
Kuvio 12. Drive-Itin käyttöliittymän päävalikko	31
Kuvio 13. Tuoterakenteen ja työkokoonpanojen välinen vuorovaikutus globaalissa tuotekehitysprojektissa	32
Kuvio 14. Tuoterakenteen esimerkki	36
Kuvio 15. Moduloidun ja integroidun tuotteen periaate-erot.....	37
Kuvio 16. Modulaarisen tuoterakenteen ajatusmalleja.....	38
Kuvio 17. Massa- ja yksittäistuotteesta konfiguroitavaksi tuotteeksi	42
Kuvio 18. Tuotekehitysprosessin vaiheet.....	46
Kuvio 19. Yleinen vaihe-portti-prosessimalli.....	49
Kuvio 20. AGCO:n AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi.....	50
Kuvio 21. Suolahdessa käytössä oleva CAD BOMin runko	58
Kuvio 22. Uuden CAD BOMin runko.....	59
Kuvio 23. Uuden käyttöliittymän luonnos.....	60
Kuvio 24. Paikoitusketjun ohjaustoiminto	61
Kuvio 25. Uuden käyttöliittymän päävalikon toteutus	62
Kuvio 26. Eri suunnitteluvaiheissa olevien group unitien hallinnan tietomalli.....	64

KÄSITTEET

ACL	AtonCatiaLink on Catian ja Atonin välille luotu ohjelmistotyökalu, joka sisältää mm. CAD-konfiguraattorin
Aton PDM	Aton on Valtralla käytössä oleva PDM-järjestelmä. Atonia käytetään Valtran omassa tuotekehitysympäristössä.
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAD BOM	CAD-järjestelmässä olevan kokoonpanon tai traktoriyksilön CAD-rakenne
CAD-konfiguraattori	ACL:ssä oleva konfiguraattori, jolla suoritetaan työkokoonpanojen hallinta suunnitteluprosessissa
Catia V5	Catia on Valtralla käytössä oleva 3D-suunnitteluohjelmisto. Catiaa käytetään Valtran omassa tuotekehitysympäristössä.
Creo Parametric 2.0	Creo on parametrinen 3D-suunnitteluohjelmisto. Creoa käytetään Valtralla globaalissa tuotekehitysympäristössä työskennellessä.
Description	PDM- ja PLM-järjestelmissä olevia kenttiä, joissa kuvataan mm. nimikkeen ominaisuutta
Design-konfiguraattori	ACL:ssä oleva konfiguraattori, jolla tehdään valintasäännöt CAD-konfiguraattorin taustalle
DFA	Design For Accessibility, tuotteen suunnittelu sen saavutettavuus huomioiden
DFMA	Design For Manufacturing and Assembly, tuotteen suunnittelu sen valmistettavuus ja kokoonpantavuus huomioiden

DNF-asennusdokumentti	Asennusdokumentti, joka kuvaa yhdellä dokumentilla useamman group unitin asennuksen
EBOM	Engineering Bill OF Material, tuoteyksilön nimikerakenne
FIX	Catian komento, jolla esimerkiksi moduulit tai osat voidaan kiinnittää ”pysyvästi” kokoonpanoon
Group	Main functioneiden alaryhmiä, jotka pitävät sisällään groupin ominaisuuden toteuttavat group unit variantit
Group unit	Sisältää aina yhden 3D-geometrian, joka toteuttaa groupin ominaisuuden
Interchange assembly	Kokoonpano, jonka ominaisuudella mahdollistetaan saman groupin group unitien vaihtaminen keskenään
Konfiguraatio	Tuoteyksilön kokoonpano, joka sisältää varioidun eli yksilöidyn tuoterakenteen
Latest	Group unitin viimeisin status, jona se on tallennettu Windchilliin
Latest Stored	Group unitin alikokoonpanojen tai -osien status, jona ne on tallennettu Windchilliin
Layoutvastaava	Vastaa jaoksen vastuulla olevista sub groupeista tai groupeista
Leading site	Projektin ns. vastuuyksikkö tai -tiimi, joka vetää projektia
Main function	Muodostavat EBOMin 40 päätasoa globaalissa tuotekehitysympäristössä
Main group	Muodostavat EBOMin ja CAD BOMin 10 päätasoa Suolahden tuotekehitysympäristössä
Moduuli	Sisältää aina yhden ominaisuuden toteuttavan 3D-geometrian Suolahden tuotekehitysympäristössä

Natiivi	Creolle luontainen tapa hallita kokoonpanoja ts. kokoonpanojen hallinta manuaalisesti
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallinta
Platform	Vakio-osista tai -moduuleista koottu tuotealusta, joka on yhteinen saman tuoteperheen (mallisarjan) traktoreilla
PLM	Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta
Power Copy	ACL:n toiminto, jonka avulla tuoterakenteen runko saadaan luotua Atoniin
Pro/PROGRAM	Creon sovellus, jolla ohjataan group unitien näkymistä kokoonpanoissa
Replace	Creon komento, jolla Interchange assembly -kokoonpanossa olevia group uniteja voi vaihdella työkokoonpanossa
SAP	ERP-toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
Skeleton-mallinnus	Top-down-suunnittelumenetelmän sovellus, jossa tuotteelle on luotu parametrinen koordinaattipiste-rakenne
Skel Part	"Osa", joka sisältää ainoastaan koordinaattipisteitä paikoitusta varten
Status	Group unitin tai moduulin suunnittelun elinkaarentila
Sub group	Main groupien alaryhmiä, jotka pitävät sisällään toiminnallisuuksien variantteja eli moduuleita
Subscribe	Windchillin toiminto, jolla pystytään seuraamaan esimerkiksi rakenteiden päivittymistä

Super EBOM	Koko tuoteperheen moduulit sisältävä nimikerakenne
Template group unit	Group unit, joka sisältää traktorin 3D-mallin paikoitukseen tarvittavat paikoituskoordinaatit
Time-to-market	Tarkoittaa aikaa, joka kuluu tuotesuunnittelun aloituksesta tuotteen markkinoille tuontiin saakka
Variantti	Osan tai kokoonpanon muunnelma
Windchill PLM	Windchill on Valtralla käytössä oleva PLM-järjestelmä. Windchilliä käytetään Valtralla globaalissa tuotekehitysympäristössä työskennellessä.
Working layout	Työkokoonpano
Workspace	Henkilökohtainen väliaikainen työskentelytila, johon Windchillistä ladatut group unitit ”varastoituvat”
Yhteinen osa	Osa, joka on käytössä useamman kuin yhden AGCO-yksikön traktorissa

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Nykyään yritykset pyrkivät mahdollisimman lyhyeen time-to-market-läpäisy aikaan, jolloin myös suunnitteluun käytettävä aika pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä. Tämä on johtanut siihen, että suunnittelun eri vaiheita tehdään nykyään paljon rinnakkain. Tästä johtuen rinnakkaissuunnittelun yksi merkittävimmistä haasteista on, kuinka mahdollistetaan suunnittelijan käytössä olevan työkokoonpanon ajantasaisuus. Työkokoonpanon avulla suunnittelija voi suunnittelu-vaiheessa ottaa huomioon ympäröivien osien vaikutukset suunniteltavaan osaan tai kokoonpanoon. Lisäksi osan eri varianttien sovittaminen on mahdollista. Haasteena on nimenomaan ympäröivien osien ajan tasalla pitäminen ja niiden muutoksista tiedottaminen. Tuotekehitystoimintojen meneminen entistä enemmän globaaliin suuntaan, eli tulevaisuudessa yhä useamman tuotekehitysprojektien tekeminen globaalisti, aiheuttaa lisähaasteita tehokkaan rinnakkaissuunnittelun toteutukselle ja työkokoonpanojen hallinnalle. Globaalissa tuotekehityksessä tehokkaan rinnakkaissuunnittelun haasteina ovat muun muassa eri suunnittelu-vaiheiden oikeanlainen rinnakkaisuus ja tarpeellisen suunnittelutiedon tuottaminen. Vallitsevat kulttuurierot, kommunikointi, tiedonkulku ja toimintatapojen erot ovat hyviä esimerkkejä arkipäivän haasteista globaalissa tuotekehitysympäristössä.

Opinnäytetyön aiheena on Creon työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallinta globaalissa tuotekehitysympäristössä. Aihe liittyy Valtralla käyttöönotettuun uuteen 3D-suunniteluohjelmistoon eli Creo Parametric 2.0 (Creo) -ohjelmistoon. Lisäksi aiheen liittyminen meneillä olevaan tuotekehitysprojektiin ja siinä tapahtuvaan työkokoonpanojen hallintaan, tekevät siitä ajankohtaisen ja tarpeellisen Valtra Oy:n Suolahden tuotekehitysyksikölle. Aiheen kehitysmahdollisuudet tekevät siitä sopivan aiheen opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön tulokset tulevat vastaamaan muun muassa siihen, kuinka työkokoonpanoja ja osakokoonpanoja tulisi hallita, kun niihin liittyviä osia ja moduuleita tulee AGCO:n eri yksiköistä sekä kuinka globaalien tuotekehityksen toimintatapojen tulisi kehittää kokoonpanojen hallinnan näkökulmasta. Valitsin aiheen, koska CAD-järjestelmät ovat mielenkiintoisia työympäristöjä. Lisäksi pääsen

pohtimaan globaaliin tuotekehitysprojektiin liittyvien asioiden hallintaa, mistä on varmasti hyötyä tulevaisuudessakin.

1.2 Toimeksiantajat – Valtra Oy Ab ja MP Soft Oy

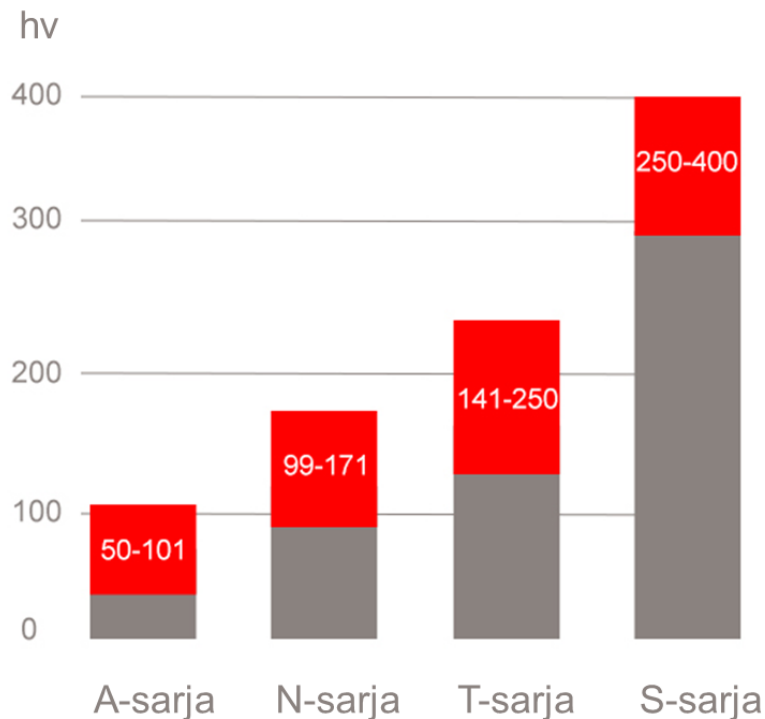
Valtra Oy Ab (myöhemmin Valtra) on perustettu vuonna 1951, jolloin se aloitti toimintansa Jyväskylän Tourulassa. Nykyään Valtra on pohjoismaiden johtava maataloustraktoreiden valmistaja. Sen traktoreita myydään 75 eri maassa. Valmistamisen lisäksi Valtra kehittää, markkinoi ja tarjoaa huoltopalveluita Valtra-tractoreihin. Valtra työllistää noin 2100 henkilöä ja sen vuosituotantokapasiteetti on noin 24 000 yksilöllisesti räätälöityä traktoria. Valtralla on tehtaot Suomessa ja Brasiliassa. Suomessa tehdas sijaitsee Suolahdessa, jossa tehdasalueella toimivat tuotekehitys, kokoonpanotehdas, voimansiirtotehdas, huolto- ja varaosakeskus sekä asiakaspalvelukeskus Atrium. Lisäksi Valtran hallinto sijaitsee Suolahdessa. Brasilian tehtaot sijaitsevat Mogi das Cruzesissa, jossa toimivat kokoonpano-, vaihteisto- ja komponenttiyksiköt. Vuodesta 2004 lähtien Valtra on ollut osa yhdysvaltalaisista AGCO-yhtymää. (Tietoa Valtrasta n.d; Niskanen 2010, 23–25.)

AGCO on perustettu vuonna 1990, ja se on nykyään maailman kolmanneksi suurin maatalouskoneiden suunnitteluun, valmistukseen ja jakeluun keskittyneistä yrityksistä. AGCO:n tuotteita ovat muun muassa traktorit, puimurit ja erilaiset maatalouslaitteet. AGCO:n viisi isointa brändiä ovat Challenger, Fendt, Massey Ferguson, Valtra ja GSI. Näistä neljä ensin mainittua suunnittelee ja valmistaa traktoreita ja puimureita. GSI taas kehittää ja valmistaa esimerkiksi viljan säilömiseen tarvittavia silloja ja laitteita. AGCO:n tuotteita myydään yli 140 maassa ja niissä jälleenmyyjiä on yhteensä 3900. (Invest in AGCO n.d.)

Vuonna 2014 AGCO:n nettomyynti oli 9,7 miljardia Yhdysvaltain dollaria ja osakekohtainen tulos (EPS) 4,36 Yhdysvaltain dollaria. Pelkästään tuotekehitykseen AGCO satsasi 337 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. (AGCO Reports Fourth Quarter Results 2015.)

Valtran traktorien suunnittelu ja kehitys tapahtuu Suolahden tuotekehitysyksikössä. Tuotekehitysyksikössä työskentelee noin 100 henkilöä, joista reilu puolet on suunnittelijoita. Suunnittelun ja tuotteiden jatkuvan kehittämisen lisäksi samoissa tiloissa sijaitsevat modernit testilaboratoriotilat, joissa traktoreille ja niiden ominaisuuksille saadaan tehtyä testejä hallituissa olosuhteissa. Tuotekehityksessä on myös erillinen VR-huone (Virtual Reality), jossa traktorille voidaan tehdä 3D-katselmuksia tai jopa kouluttaa tuotannon henkilökuntaa osien asentamiseen.

Valtran toimintatapana on suunnitella ja valmistaa traktoreita asiakaslähtöisesti. Tämä mahdollistetaan massaräätälöinnillä ja asiakastilausjärjestelmällä. Massaräätälöinti mahdollistaa yksilöllisten traktoreiden toimittamisen asiakkaille heidän valitsemiensa ominaisuuksien mukaisesti. Asiakkaat pääsevät siis itse valitsemaan traktoriinsa tulevat ominaisuudet, ja ne syötetään sitten asiakastilaus-järjestelmään, jolloin traktorin tuoterakenne konfiguroituu yksilölliseksi. Lisäksi Valtralle kuten myös asiakkaille traktoreissa on tärkeää niiden monikäyttöisyys, tehokkuus, luotettavuus ja vaativissa olosuhteissa työskentely. Valtralla traktorit valmistetaan asiakastilausten perusteella eli tilausohjautuvasti. Tällöin traktoria aletaan tehdä vasta tilauksen tultua eikä traktoreita näin ollen tehdä varastoon. Asiakkaat voivat valita traktorinsa neljästä mallisarjasta: A-, N-, T- ja S-sarja. Näistä jokainen sisältää useita malleja. Mallisarjat ja niiden sisältämät mallit määräytyvät traktoreissa olevien tehojen mukaan (Ks. Kuvio 1).



Kuvio 1. Valtran traktorien mallisarjat ja niiden teholuokat (Valtra yritysesittely 2014)

Toinen tässä opinnäytetyössä vahvasti mukana oleva yritys on MP Soft Oy (myöhemmin MP Soft). Se on suomalainen ohjelmistoyritys, joka on perustettu vuonna 2003. Sen toimipaikka sijaitsee Vantaalla. MP Softin päätuote on Link-It-ohjelmistoperhe, joka on CAD-ohjelmiin saatava laajennus. Sen tarkoituksena on helpottaa mekaniikkasuunnittelijoiden tuotetiedon hallintaa ja nopeuttaa suunnitteluprosessia. Link-It-ohjelmistoperheessä on neljä sovellusta:

- Link-It Manage Properties (Proper-It)
- Link-It Manage BOM (BOM-It)
- Link-It Publish Documents (Print-It)
- Link-It Drive Documents (Drive-It).

Sovellusten avulla CAD-dokumenttien attribuuttitietoa voidaan hallita yhdellä ulkoisiin tietolähteisiin integroituvalla käyttöliittymällä (Proper-It), CAD-kokoonpanorakenne julkaista ja siirtää yrityksen muihin tietojärjestelmiin (BOM-It), CAD-dokumentit tulostaa ja julkaista eri tiedostomuotoihin sekä siirtää yrityksen muihin järjestelmiin (Print-It) ja suorittaa CAD-mallin konfigurointi yhdellä ulkoisiin

konfigurointisääntöihin ja tietolähteisiin integroituvalla käyttöliittymällä (Drive-It). Link-It-sovelluksia voidaan käyttää Creo Parametric-, Catia V5-, SolidWorks-, Autodesk AutoCAD- ja Inventor-CAD-ohjelmistoissa. (MP Soft Oy yritysesittely 2015, 1–2.)

1.3 Opinnäytetyön taustat

Valtran Suolahden tuotekehitysyksiköllä on käynnissä yhteinen globaali tuotekehitysprojekti AGCO:n eri yksiköiden kanssa. Projektiin osallistuvat muut AGCO-yksiköt ovat Beauvais'n tuotekehitysyksikkö, Mogi das Cruzesin tuotekehitysyksikkö ja Kiinan yksikkö. Globaali tuotekehitysprojekti toteutetaan käyttäen Beauvais'n toimintatapoja ja tuotekehitysympäristöä. Tämä tarkoittaa sitä, että Suolahden tuotekehitysyksikön käyttämiin CAD- ja PDM-järjestelmiin tulee muutoksia. Nykyisellään Suolahdessa käytetään Catia-3D-mallinnusohjelmistoa ja Aton-PDM-järjestelmää. Näiden ohjelmistojen välille on luotu ACL-ohjelmistoverso, joka sisältää muun muassa CAD-konfiguraattorin, jolla voidaan hallita työkokoonpanoja Suolahden omassa tuotekehitysympäristössä. Globaali tuotekehitysprojekti toteutetaan käyttäen Creo-3D-mallinnusohjelmistoa ja Windchill-PLM-järjestelmää. Näiden ohjelmistojen välillä ei tällä hetkellä ole yhtä kattavaa työkokoonpanojen hallintaan soveltuvaa ohjelmistotyökalua kuin ACL:ssä. Suolahdessa on otettu testikäyttöön meneillään olevan globaalin tuotekehitysprojektin työkokoonpanojen hallintaa varten MP Softin kehittämä Drive-It-ohjelmistotyökalu. Sen testikäyttöä suorittaa muutama suunnittelija ja he raportoivat käytön aikana esiintyvistä vioista, virheistä ja puutteista.

Kokoonpanojen ja varsinkin CAD BOMin hallintaan liittyen järjestelmien kyky pyörittää isoja kokoonpanoja on myös tärkeä. Tällä hetkellä avattaessa kokoonpanoja Catiassa ohjelma muuntaa 3D-mallit CGR-muotoon (Catia Graphical Representation), joka on kevennetty muoto malleista. Näin isot kokoonpanot avautuvat nopeammin ja niiden hallinta helpottuu, kun tuoteperheen kaikkia osia pystytään katselemaan tietokoneen näytöltä. Super EBOMilla ja hierarkialtaan sitä vastaavalla CAD BOMilla on suuri merkitys Suolahdessa tapahtuvassa nykyisessä kokoonpanojen hallinnassa. Työkokoonpanot tehdään CAD BOMin pohjalta, joka

sisältää mallisarjan kaikki mahdolliset moduulit, komponentit ja osat. Lisäksi super EBOMin ja CAD BOMin modulaarisuus ja yhtäläisyys tekevät niiden hallinnasta varsin tehokasta. Valtran Suolahden tuotekehitysyksiköllä oli siis suuri tarve kehittää Creossa tapahtuvaa työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallintaa globaalissa tuotekehitysprojektissa.

1.4 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada kehitettyä Creon työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallintaa globaalissa tuotekehitysprojektissa. Tämä tavoite voidaan esittää myös kysymysten muodossa, jolloin saadaan konkreettisempi kuva siitä, mitä piti ratkaista ja mihin opinnäytetyössä tuli vastata, jotta tavoitteet saavutetaan. Tämän opinnäytetyön pääkysymykset ja niiden alakysymykset olivat seuraavat:

1) Miten työkokoonpanoja hallitaan?

- Mitkä ovat kehitystarpeet globaalissa tuotekehitysprojektissa?
- Miten pitkälle Drive-Itillä päästään työkokoonpanojen hallinnassa?
- Miten Drive-Itiä pitää kehittää, jotta päästään kohti ACL:n vastaavaa?
- Onnistuuko työkokoonpanojen hallinta super EBOMin kautta?

2) Miten eri yksiköistä tulevat osakokoonpanot hallitaan?

- Miten havainnollistetaan eri yksiköiden vastuulla olevat ja eri statuksissa olevat group unitit?
- Miten saadaan seurattua ja informoitua group unitien uusista versioista muille?
- Miten tiedottaa muita muutoksen tarpeesta?

3) Miten tehdään group unitien piirustukset?

- Mitä DNF-asennusdokumentti on?

Työkokoonpanojen hallinnalla tarkoitetaan tässä työssä suunnittelijan käytössä olevan suunnitteluympäristön reaaliaikaista hallintaa. Suunnitteluympäristössä ovat mukana kaikki projektissa olevat 3D-mallit, minkä ansiosta projektin aikana tehtävät muutokset niihin välittyvät suunnitteluympäristöön. Työkokoonpanojen reaaliaikaisella hallinnalla varmistetaan se, että suunnittelijalla on käytössään ajantasainen suunnitteluympäristö, jossa suunnitella osaa tai kokoonpanoa sekä ottaa huomioon eri variaatiot ja niiden aiheuttamat tarpeet ja rajoitteet suunniteltavalle osalle tai kokoonpanolle. Suolahdessa työkokoonpanojen hallinta toteutetaan Creossa tällä hetkellä käyttäen Drive-It-ohjelmistotyökalua. Tavoitteena oli kehittää työkokoonpanojen hallintaa ja tutkia, kuinka lähelle nykyisen ACL:n CAD-konfiguraattorin toimintaa Drive-Itillä voidaan päästä ja miten Drive-Itiä pitää kehittää jatkossa, jotta tämä tavoite saavutettaisiin. Lisäksi isojen kokoonpanojen hallinnan muut mahdollisuudet tuli ottaa huomioon. Tämä tarkoitti lähinnä super EBOMin ja CAD BOMin hyödyntämistä. Tällä hetkellä Drive-It toimii mallipohjaisesti eli siinä valitaan tiettyjä group uniteja ja kootaan näin työkokoonpanoja. Kehittämistarve Drive-Itissä on päästä kohti rakennepohjaista toteutusta ja sen jälkeen edetä mahdollisesti kohti ominaisuuspohjaista toteutusta, jossa valittaisiin haluttavia ominaisuuksia, jolloin moduulit valikoituisivat automaattisesti muodostaen halutun konfiguraation. Tällöin Drive-Itiä voitaisiin käyttää myös konfiguraattorin perustana. Drive-Itin kehittäminen kohti CAD-konfiguraattoria on tärkeää myös siksi, että tällöin konfiguraatioiden eri variaatioiden kokeileminen ja virtuaalinen rakentaminen ovat mahdollisia.

Globaalissa tuotekehitysprojektissa toimiminen aiheuttaa haasteita suunnittelijoiden käyttämien työkokoonpanojen ajantasaisina pitämiselle. Tähän liittyen tuli selvittää yksiköiden suunnitteluvastuut ja se, kuinka useasti suunniteltavat osat pitäisi päivittää Windchilliin, jotta eri yksiköiden suunnittelijoiden käytössä on mahdollisimman ajantasainen suunnitteluympäristö. Näihin liittyen tuli miettiä, kuinka eri group unitien suunnitteluvastuut, päivitykset ja muutosten tarve voidaan havainnollistaa ja informoida muille yksiköille parhaiten. Lisäksi tuli selvittää, onnistuuko eri yksiköiltä tulevien osakokoonpanojen hallinta käyttäen Drive-Itiä.

Järjestelmän vaihdoksen ja toimintatapojen muutoksen myötä myös piirustusten tekotapa muuttuu. Tämän takia täytyi tehdä ohjeistus, kuinka Creossa luodaan group

unitien piirustukset. Tavoite oli tehdä ohjeistus, jonka avulla suunnittelijat saavat luotua työpiirustukset tuottamistaan group uniteista. Lisäksi Suolahden nykyistä piirustuksien toteutustapaa tuli verrata Beauvais'n tuotekehitysyksikön käytössä olevaan DNF-asennusdokumenttiin ja sen toteutukseen.

1.5 Aiheen rajaus

Opinnäytetyöksi valittu aihe on kokonaisuutena hyvin laaja. Tämän vuoksi opinnäytetyössä käsiteltäviä aihealueita oli syytä rajata huolellisesti. Rajausta tehdessä oli syytä ottaa huomioon, mitkä asiat olivat olennaisia, jotta haluttuihin tutkimuskohtiin saatiin syvennyttyä tarpeeksi ja näin ollen luotua kehitysehdotukset opinnäytetyön tuloksiksi.

Opinnäytetyö rajattiin kohdistumaan meneillään olevaa globaalia tuotekehitysprojektia koskevaan kokoonpanojen hallintaan. Opinnäytetyössä ei varsinaisesti käsitelty seuraavia aihealueita:

- Creon ja SAP:n välistä tiedonsiirtoa
- sääntöjen tekemistä SAP:ssa
- yleistä moduuleiden paikoitusta
- muutosten hallintaa
- DNF-asennusdokumentin tekemistä.

Mikäli näiden aihealueiden katsottiin auttavan työn tekemisessä olennaisesti, voitiin niitä siinä tapauksessa sivuta työssä.

1.6 Työn toteutus

Tämä opinnäytetyö oli kehittämistutkimus. Kehittämistutkimuksissa on tarkoitus muun muassa parantaa jonkin olemassa olevan toiminnan tasoa tai tuotetta. Luoteenomaista kehittämistutkimuksille on ongelmalähtöisyys, osallistuvuus ja tavoitteellisuus. Kehittämistutkimuksessa hyödynnetään niin kvalitatiivisen kuin kvantitatiivisen tutkimuksen elementtejä. Tämä opinnäytetyö noudatti kehittämistutkimuksen periaatteita seuraavin vaihein:

1. Nykytilaan perehtyminen
2. Tavoitetilan kuvaaminen
3. Parannusehdotus
4. Kehittäminen
5. Tulosten arviointi. (Tutkimustyön perusteet S2014 mat 4 2014, Tutkimuksen toteutus.)

Opinnäytetyön alussa nykytilaan perehdyttiin tutkimalla Valtran sisäistä materiaalia, haastateltiin työntekijöitä ja tutustuttiin itse tuotekehitysympäristöihin. Nykytilan perehtyminen ohjasi omalta osaltaan tavoitetilan kuvauksessa ja tietoperustan hahmottamisessa. Tavoitetilan kuvauksessa määriteltiin tavoitteet perustuen nykytilan perehtymisestä saatuun informaatioon. Parannusehdotusvaiheessa luotiin parannusehdotuksia eli ideoitiin ja suunniteltiin kehitystoimia, jotta edellisessä vaiheessa määritellyt tavoitteet saavutettiin. Kehittämisympäristössä parannusehdotuksista tehtiin konkreettisia parannuksia, joilla saavutettiin kohteen kehittymistä. Viimeisessä vaiheessa eli tulosten arvioinnissa arvioitiin tapahtunutta kehittymistä ja parannuksia, joilla kehittämistä pyrittiin saavuttamaan. Lisäksi tässä opinnäytetyössä tehtiin ns. toiminnan parannusehdotuksia, jotka koskivat globaalin tuotekehityksen kehittämistä.

Opinnäytetyön raportoinnissa hyödynnetään ns. input-output-kirjoitusmenetelmää, jossa aina edellinen luku antaa syötteen seuraavalle luvulle. Tällöin luvussa on sisään-tulo (input) ja ulostulo (output). Tällä tavoin opinnäytetyön raportointi noudattaa työprosessin johdonmukaista etenemistä aina johdannosta pohdintaan saakka. Lisäksi opinnäytetyön raportoinnissa käytetään englanninkielisiä sanoja asiayhteyksissä, koska niitä käytetään myös Valtralla. Tällä tavoin varmistetaan, että asiayhteyksissä puhutaan oikeilla termeillä.

2 Työkoonpanojen hallinnan nykytila

Tässä luvussa tarkastellaan Valtran Suolahden tuotekehitysympäristössä ja meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa tapahtuvaa työkoonpanojen hallintaa. Työkoonpanojen hallintaan käytetään eri ohjelmistoja ja järjestelmiä (tuotekehitysympäristöjä) riippuen siitä, onko kyseessä globaali vai paikallinen tuotekehitysprojekti. Luvussa esitellään muun muassa työkoonpanojen luomiseen liittyvät järjestelmät ja ohjelmistot, työkoonpanojen luominen ja paikoitus sekä EBOM ja CAD BOM.

2.1 Käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot

Tällä hetkellä Suolahdessa käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot, jotka liittyvät työkoonpanojen hallintaan, voidaan jakaa kahtia sen mukaan, työskennelläänkö paikallisessa tuotekehitysympäristössä vai globaalissa tuotekehitysprojektissa. Suolahden paikallisessa tuotekehitysympäristössä käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot ovat

- Catia V5
- Aton PDM
- ACL.

Catia V5

Catia V5 (myöhemmin Catia) on Dassault Systemsin 3D-mallinnusohjelmisto. Catia on helppokäyttöinen, ja sen vahvuus on isojen kokoonpanojen hallinnassa. Catia luo kokoonpanoja avattaessa CGR-tiedostoja (Catia Graphical Representation) 3D-malleista. CGR-tiedostot ovat ns. katselutiedostoja 3D-malleista, jolloin ne ovat kevyempiä ja aukeavat nopeammin.

Aton PDM

Aton PDM (myöhemmin Aton) on suomalaisen Modultek Oy:n kehittämä ja Valtralle räätälöity PDM-järjestelmä (Product Data Management). Valtralla Atoniin tallennetaan kaikki tuoteprojektiin liittyvä dokumentaatio kuten rakenteet, 3D-data,

piirustukset ja analyysien tulokset. Lisäksi sen kautta hoidetaan tuotteiden muutoksenhallinta, ja tallennetaan tuoteprojektien kaikki dokumentit.

ACL

ACL (AtonCatiaLink) on Atonin ja Catian välille luotu ohjelmistotyökalu, joka helpottaa suunnittelijoiden työskentelyä ja tuotekehitysprosessin osa-alueiden hallintaa. ACL on kehitetty Valtran tarpeisiin Valtran ja MP Softin yhteistyönä. Kehittämistä varten Valtra loi spesifikaation, jonka pohjalta kehittäminen tehtiin. ACL:n avulla CAD-mallit voidaan tallentaa Atoniin suoraan Catiasta. Lisäksi sen avulla voidaan luoda, etsiä, tallentaa, avata ja varata nimikkeitä Atonista. Työkokoonpanojen hallintaan liittyen se sisältää konfiguraattorit (CAD configurator ja Design configurator), joiden avulla voidaan luoda työkokoonpanoja ja tehdä valintäsääntöjä ominaisuuksien ja moduulien välille.

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa käytössä olevat järjestelmät ja ohjelmistot ovat

- Creo Parametric 2.0
- Windchill PLM
- Drive-It.

Creo Parametric 2.0

Creo Parametric 2.0 (myöhemmin Creo) on PTC:n (Parametric Technology Corporation) valmistama parametrinen 3D-suunnitteluohjelmisto. Se perustuu Pro/ENGINEERin teknologiaan. Ohjelmiston ominaisuuksia ovat muun muassa tilavuusmallinnus, ohutlevymallinnus ja parametrinen mallien muokkaus. (Creo Parametric 2012, 1–4.)

Windchill PLM

Windchill PLM (myöhemmin Windchill) on PTC:n kehittämä tuotteen elinkaaren hallintaan tarkoitettu PLM-järjestelmä. Windchillin toiminta perustuu integroituun tiedonsiirtoon Creon kanssa. Windchilliin voidaan tallentaa kaikki sähköisessä muodossa oleva tuoteinformaatio, jolloin tuotteen CAD-tiedostot, dokumentit, piirustukset, laskelmat jne. ovat samassa paikassa. Lisäksi se mahdollistaa

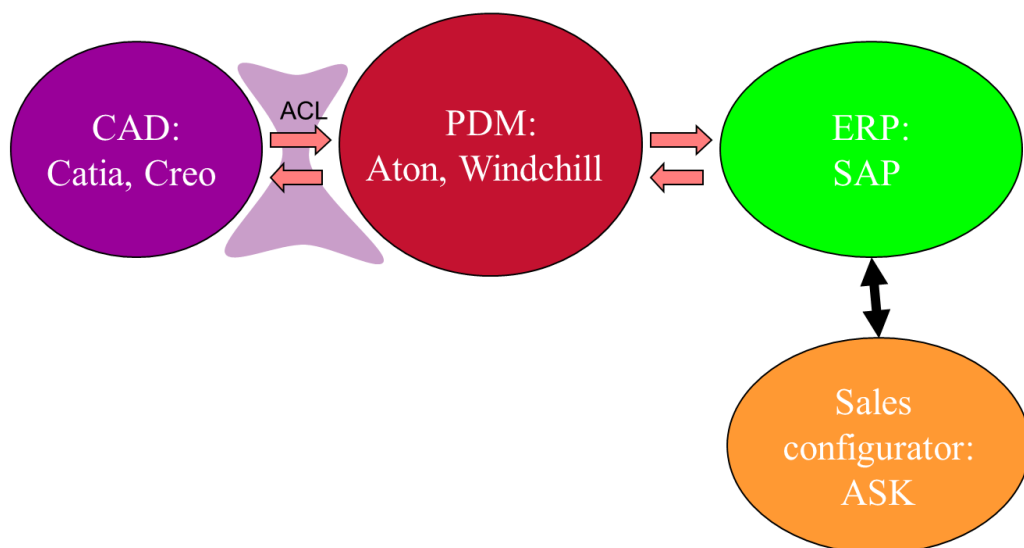
tuoterakenteen hallinnan ja sen sisältämän informaation uudelleen käyttöön. (PTC Windchill n.d.)

Drive-It

Drive-It on osa suomalaisen MP Softin kehittämää Link-It-ohjelmistoperhettä. Link-It-ohjelmistoperheen sovelluksia voi käyttää PTC:n, Autodeskin ja tietyissä Dassault Systemsin ohjelmistoissa tuotetietojen hallintaan. Suolahdessa Drive-Itiä käytetään Creossa tapahtuvaan työkoonpanojen hallintaan. Se toimii Creon ja Windchillin välissä integroituneena työkaluna. Sen avulla pystytään lataamaan halutut group unitit Windchillistä suoraan Creoon ja luomaan näin suunnittelijalle tämän tarvitsema työkoonpano. (Link-It Software n.d; MP Soft Oy yritysesittely 2015, 1–2.)

2.2 Työkoonpanojen hallinta Suolahden tuotekehitysympäristössä

Valtran työkoonpanojen hallinta paikallisessa tuotekehitysympäristössä tapahtuu ACL:n CAD-konfiguraattorin (CAD configurator) avulla. Konfiguraattori on ACL:ssä toimiva Atonin ja Catian välille integroitu konfiguraattori (Ks. Kuvio 2). Sen avulla suunnittelija voi luoda itselleen työkoonpanon ilman kiinteitä paikoitusketjuja. Tämä mahdollistaa sen, että työkoonpanoon valittavat moduulit voivat olla eri puolilta traktoria ja paikoittautuvat silti oikein.

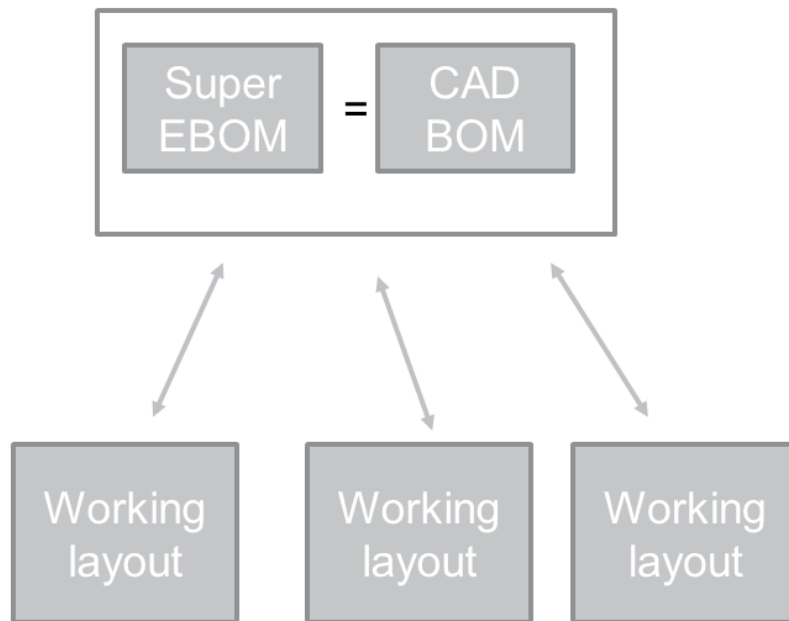


Kuvio 2. Valtran järjestelmät ja niiden väliset vuorovaikutukset (Valtra's PLM systems 2015.)

Paikoittaminen on toteutettu niin, että traktorin nollapiste sijaitsee taka-akselin keskipisteessä. Main groupit on paikoitettu traktorin paikoituksen mukaan eli niillä on aina sama nollapiste kuin traktorilla. Main groupien paikoitusten välillä ei ole referenssejä, jolloin ne voidaan avata riippumattomina ja ne paikoittautuvat oikein traktoritasolla. Main groupin alaryhmät eli sub groupit paikoitetaan main groupien sisälle toisiinsa nähden. Sub groupien paikoittaminen toteutetaan käyttäen geometrisia referenssejä, jolloin sub groupit saadaan varmasti oikein toisiinsa nähden. Geometriset referenssit poistetaan, kun sub groupit ovat paikallaan, ja ne kiinnitetään näihin paikkoihin FIX-komennolla. Sub groupin alikomponentit eli moduulit paikoitetaan toisiinsa ja sub groupeihin nähden samalla tavalla kuin sub groupit. Tämän lisäksi moduulien paikoituksessa voidaan käyttää apuna ympäristön geometriaa. Tähän pätevät kuitenkin samat säännöt geometrysten referenssien käytöstä kuin edellä. Moduulit, niiden alikokoonpanot ja osat taas paikoitetaan toisiinsa geometrisilla referensseillä, jolloin ne pysyvät oikein paikoitettuina toisiinsa nähden, koska mahdolliset muutokset 3D-geometrioihin tehdään juurikin moduuli-, alikokoonpano- ja osatasoilla. Tällä tavoin moduulit ovat avattavissa työkokoonpanoon täysin oikein paikoitettuina mistä osasta traktoria tahansa, sillä ne eivät ole riippuvaisia minkään muun moduulin paikoituksesta tai geometriasta. (Pöppönen 2015.)

Työkokoonpanon ollessa auki sen päivittäminen onnistuu vain vaihtamalla valittuja moduuleja CAD-konfiguraattorin käyttöliittymässä. Tapahtuvat muutokset päivittyvät työkokoonpanoon sen ollessa auki, jolloin ne on helppo nähdä. CAD-konfiguraattori on pitkän kehityksen tulos, ja se on hyvä työkalu työkokoonpanojen hallinnassa. Konfiguraattorin Aton-Catia-liitos on tiivis, mikä näkyy muun muassa siinä, että se hakee rakenteen suoraan Atonista ja avaa valitut moduulit suoraan Catiaan muodostaen näin halutun työkokoonpanon. Työkokoonpanoon haluttavat moduulit valitaan suoraan super EBOMista, minkä jälkeen moduulien CAD-mallit latautuvat ja aukeavat Catiaan. Super EBOMissa ovat valittavissa mallisarjan kaikki moduulit ja niiden yhdistelmät. Eri variaatiot otetaan huomioon työkokoonpanoissa valitsemalla super EBOMin samasta sub groupista useampia moduuleita eli sub groupin variaatioita samaan työkokoonpanoon. Työkokoonpanoon voidaan avata vaikka kaikki yhden sub groupin moduulit. Tällöin eri varianttien vaikutukset

suunniteltavaan osaan tai kokoonpanoon voidaan tarkistaa samalla kertaa ja suunniteltavasta osasta tai kokoonpanosta saadaan sopiva eri varianteille yhdellä suunnittelukerralla. Kuviossa 3 on esitetty rakenteiden ja työkokoonpanojen välisen vuorovaikutuksen periaatekaavio Suolahden tuotekehitysympäristössä.

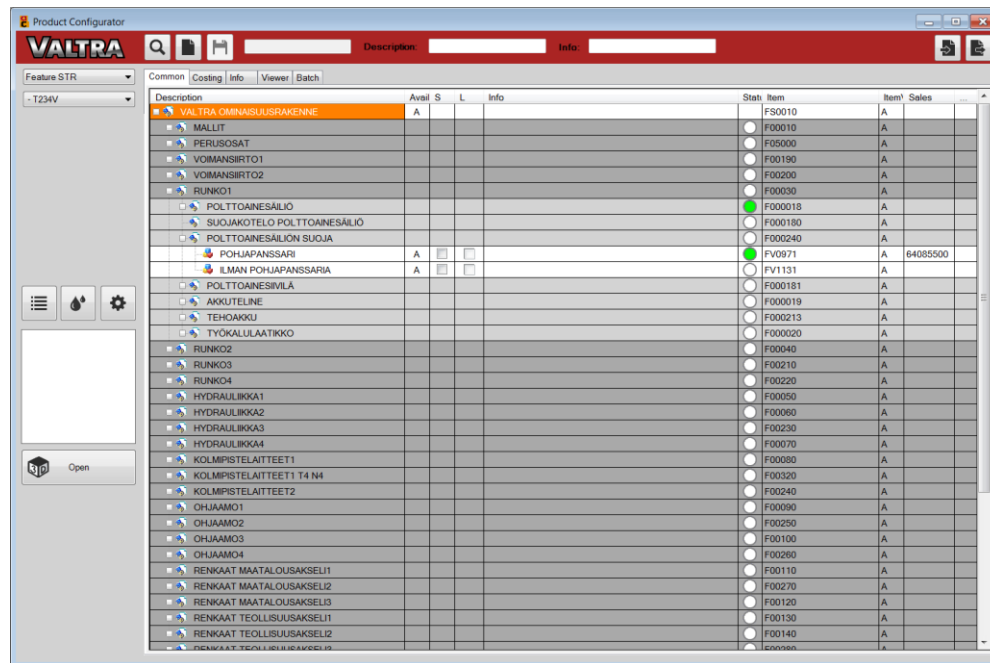


Kuvio 3. Rakenteiden ja työkokoonpanojen välinen vuorovaikutus Suolahden tuotekehitysympäristössä (Global EBOM 2015.)

Avattava työkokoonpano voi olla koko mallisarja, yksittäinen traktori tai jokin muu pienempi kokonaisuus. Rakenteen auetessa konfiguraattoriin ei 3D-malleja lataudu vielä ollenkaan. Tällä tavoin työkokoonpanojen avautumiseen kuluva aika saadaan pidettyä kohtuullisena, sillä koko mallisarjan moduulit sisältävä kokoonpano on suhteellisen hidas avata. Konfiguraattorin kuvake löytyy suoraan Catian työskentelynäköymästä, mikä mahdollistaa konfiguraattorin käytön aloittamisen vaivattomasti. CAD-konfiguraattori rakentuu kahdesta eri tavalla toimivasta työkalusta, jotka ovat feature- ja TR-moodi.

Feature-moodissa avattava työkokoonpano kootaan valitsemalla tiettyyn malliin saatavilla olevia ominaisuuksia ominaisuusrakenteesta (Ks.Kuvio 4). Näiden valintojen pohjalta tulevat valituiksi moduulit, jotka toteuttavat nämä ominaisuudet. Ominaisuuksia ja moduuleita yhdistävät konfiguraattorin taustalle tehdyt säännöt, joiden mukaan tietyn ominaisuuden valinta valitsee tietyt moduulit avattavan

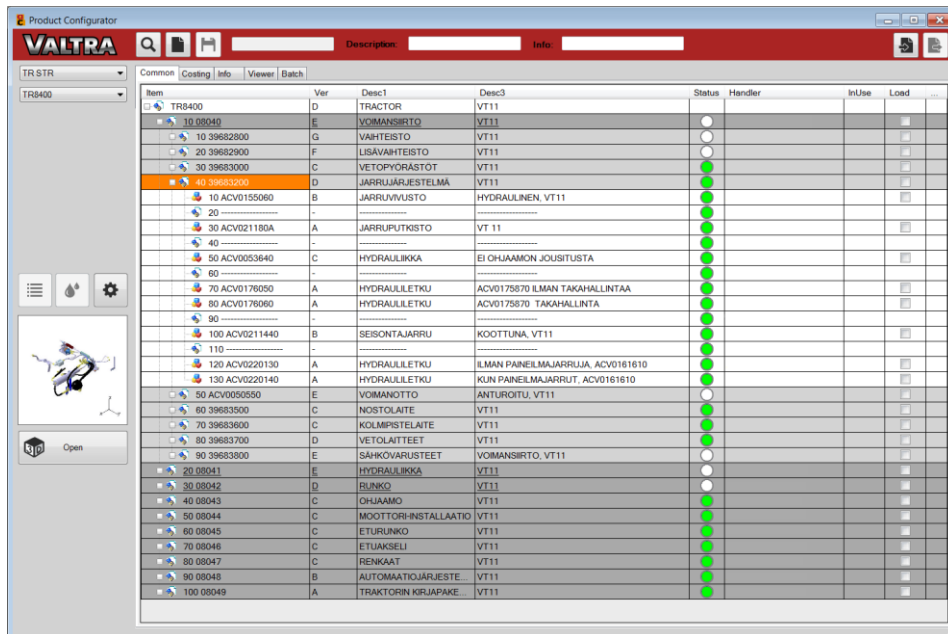
työkoonpanon rakenteeseen. Säännöt voivat olla myös ns. rajoittavia, eli ne rajaavat tietyn ominaisuuden valinnalla tai ominaisuuksien yhdistelmällä joitakin ominaisuuksia pois. Suunnitteluympäristössä säännöt on toteutettu kuitenkin niin, että myös ns. kiellettyjä yhdistelmiä voidaan tehdä. Lisäksi työkoonpanossa on mahdollisuus korostaa värein ominaisuuksiin liittyviä moduuleita ja tehdä moduulien listaus suoraan työkoonpanon rakenteeseen valituista moduuleista.



Kuvio 4. Feature-moodin käyttöliittymä

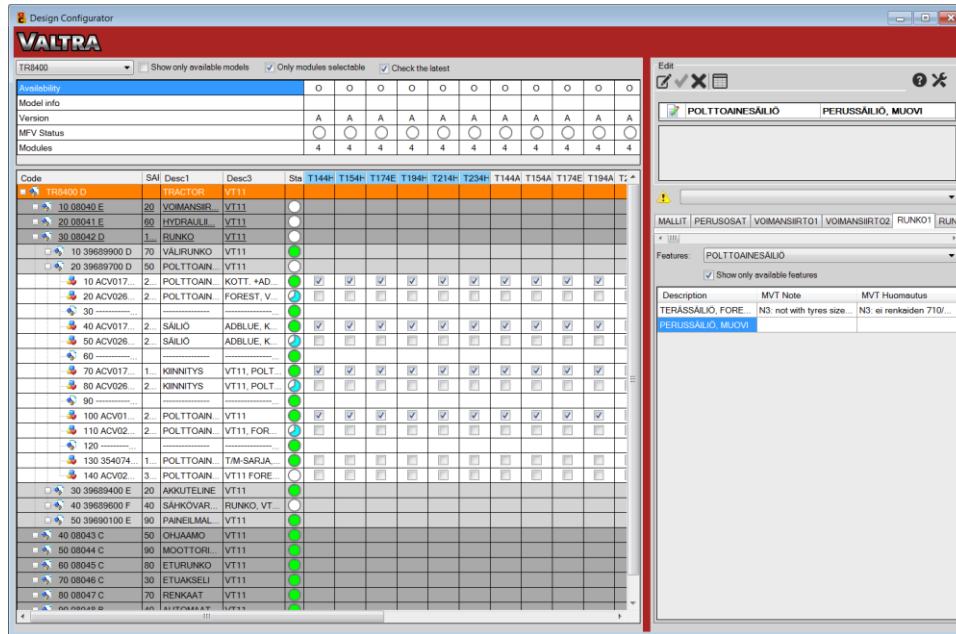
TR-moodissa työkoonpanoon tulevat moduulit valitaan suoraan super EBOMista (Ks. Kuvio 5). TR-moodissa voidaan 3D-malleja avata kaikilta kolmelta tasolta: main group, sub group ja moduuli. Tällöin avattaessa 3D-geometriaa aukeavat kaikki avattavan tason alla olevat moduulit, alikoonpanot ja osat Catiaan. Valtran super EBOM on yhteinen saman mallisarjan malleille, ja näin ollen se sisältää kaikki moduulit, jotka ovat sen mallisarjan malleissa ja mahdollistavat varianttien toteutukset. TR-moodia käyttäessä suunnittelijan tarvitsee tietää vain, mitä kukin moduuli pitää sisällään. Tämä tieto on kerrottu nimikkeen kuvauskentässä. Lisäksi tallennettaessa rakennetta Atoniin tallentuu sinne jokaisen siinä olevan main groupin, sub groupin ja moduulin paikkatieto, josta se käydään tarkistamassa avattaessa työkoonpanoa Catiaan. Näin ollen TR-moodin käyttö työkoonpanojen

tekemiseen nopeuttaa ja helpottaa suunnittelijan työtä. Lisäksi CAD-konfiguraattorilla on mahdollisuus tallentaa ja avata valmiita työkokoonpanojen pohjia.



Kuvio 5. TR-moodin käyttöliittymä

Moduulien ja ominaisuuksien väliset säännöt CAD-konfiguraattorin feature-moodin taustalle luodaan käyttämällä ACL:n Design-konfiguraattoria (Design configurator). Siinä säännöt luodaan valitsemalla tietyn ominaisuuden toteuttavat moduulit rasti ruutuun -menetelmällä (Ks. Kuvio 6). Tällöin ACL luo automaattisesti säännön ominaisuuden ja moduulien välille Atoniin. Rajoittavat säännöt ovat tästä poikkeus, ne ovat tekstitietona ACL:ssä, ja niiden rajoitukset on otettava huomioon manuaalisesti. SAP:ssa rajoittavat säännöt ovat taas konkreettisinä sääntöinä, ja ne vaikuttavat suoraan konfiguroinnissa tehtäviin ominaisuusvalintoihin.



Kuvio 6. Design-konfiguraattorin käyttöliittymä

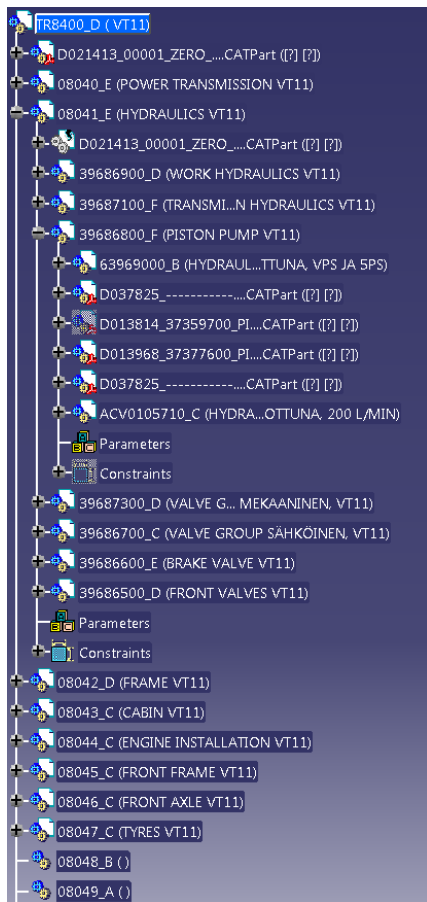
EBOM ja CAD BOM koostuvat kolmesta tasosta: main group, sub group ja moduuli (Ks. Kuvio 7). Rakenteessa on kymmenen main groupia, joiden alla sijaitsevat sub groupit. Moduulit, jotka sisältävät kaikkien mallisarjan nimikkeiden 3D-geometriat sijaitsevat sub groupien alla. Kuviossa 7 on nähtävissä, että yhden sub groupin alla voi olla useampia moduuleita, jotka voivat olla toiminnallisuuksiltaan joko rinnakkaisia tai erillisiä. Tämän takia sub groupien alta voidaan valita yksi tai useampi moduuli kerrallaan. Usean moduulin valinta mahdollistaa sub groupien jakamisen nykyisen kaltaisesti pienisisältöisiin moduuleihin, jolloin niiden muutosten hallinta on helpompaa, kun muutos tarvitsee tehdä vain yhteen moduuliin. Se kattaa näin kaikki sub groupin eri variantit. Moduulijaossa on noudatettu osittain ns. fyysistä modulointia. Siinä tuote moduloidaan ja moduulit sijoitetaan tuoterakenteeseen riippuen niiden fyysisestä sijainnista traktorissa. Fyysinen modulointi on ollut käytössä varsinkin ylemmillä tasoilla, mutta moduulitasolla on käytetty perinteistä toiminnallista modulointia.

TR8400	D	TRACTOR
10 08040	E	VOIMANSIIRTO
20 08041	E	HYDRAULIIKKA
10 39686900	D	TYÖHYDRAULIIKKA
20 39687100	F	VAIHEISTOHYDRAULIIKKA
30 39686800	F	MÄNTÄPUMPPU
10 63969000	B	HYDRAULIPUMPPU
20 -----	-	-----
30 37359700	B	MÄNTÄPUMPPU
40 37377600	B	MÄNTÄPUMPPU
50 -----	-	-----
60 ACV0105710	C	HYDRAULIPUMPPU
40 39687300	D	VENTTIILIRYHMÄ
50 39686700	C	VENTTIILIRYHMÄ
60 39686600	E	JARRUVENTTIILI
70 39686500	D	ETUVENTTIILIT
30 08042	D	RUNKO
40 08043	C	OHJAAMO
50 08044	C	MOOTTORI-INSTALLAATIO
60 08045	C	ETURUNKO
70 08046	C	ETUAKSELI
80 08047	C	RENKAAT
90 08048	B	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ
100 08049	A	TRAKTORIN KIRJAPAKETIT

- Main group
- Sub group
- Module

Kuvio 7. Valtran tuotekehitysympäristön super EBOM

Rakenteiden osalta on pyritty siihen, että CAD BOM (Ks. Kuvio 8) ja super EBOM (Ks. Kuvio 7) ovat samanlaisia niiden hierarkioiden osalta. Lisäksi on olemassa super EBOMia vastaava CAD BOM, joka sisältää super EBOMin sisältämien nimikkeiden vastaavat CAD-mallit. Luotaessa uutta EBOMin runkoa voidaan sitä muokata ACL:n Power Copy -toiminnolla. Suunnittelun jo alettua super EBOMia hallitaan CAD BOMin kautta. Kun CAD BOMia tai CAD-mallia muokataan ja se tallennetaan Atoniin, niin päivittyy myös super EBOM tai vastaava nimike CAD BOMin mukaiseksi.



Kuvio 8. Koko mallisarjan CAD BOM Suolahden tuotekehitysympäristössä

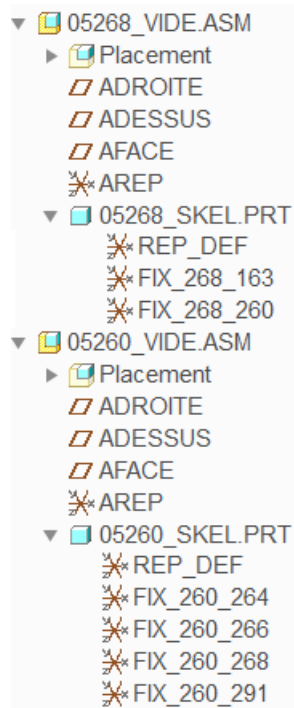
Päivityminen tapahtuu niin, että super EBOMissa olevan nimikkeen ja sitä vastaavan CAD-mallin välille on luotu linkki, joka liittyy CAD-mallin nimikkeeseen. Näin ollen nimike sisältää aina saman CAD-mallin kuin CAD BOMissa on. Näin toimimalla rakenteet saadaan pidettyä yhtäläisinä ja niiden hallinta ja päivittäminen on helppoa.

Atonissa nimikkeiden ja CAD-mallien statusta kuvataan termein. Termit kuvaavat, onko nimike Created (luotu), Valid For Collaboration (käytettävissä yhteisesti), Approved For Prototype (hyväksytty prototyyppiin) vai Approved For Series (hyväksytty sarjaan). Nimikkeiden ja CAD-mallien statusten avulla muun muassa seurataan suunnittelutyön etenemistä ja hallitaan kokoonpanoissa olevia CAD-malleja.

2.3 Työkoonpanojen hallinta globaalissa tuotekehitysprojektissa

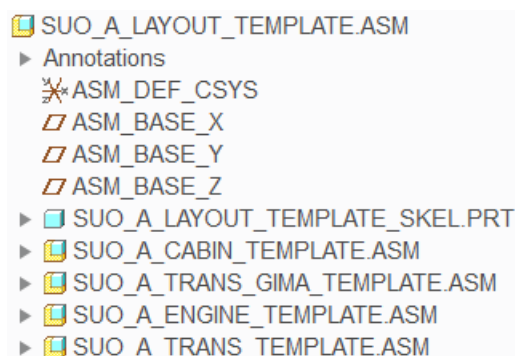
Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa työskennellään Beauvais'n tuotekehitysyksikön toimintatavoilla. Pääideana työkoonpanojen hallinnassa on, että traktori koostuu tietyistä määrästä groupeja, jotka sisältävät group uniteja. Jokaisesta groupista valitaan vain yksi group unit traktoriyksilöön. Muut groupissa olevat group unitit ovat groupin eri varianttien group uniteja. Lisäksi saman groupin group unitit sisältävät samat varioitumattomat osat. Group unitien valinnassa, ja näin ollen työkoonpanojen hallinnassa käytetään Suolahden tuotekehitysyksikössä Drive-It-ohjelmistotyökalua.

Beauvais'n tuotekehitysyksikön toimintavasta johtuen Creossa tapahtuvassa työkoonpanojen hallinnassa on noudatettava tiettyä paikoitusketjua, jotta group unitit paikoittautuvat oikein toisiinsa sekä traktorin nollapisteeseen nähden. Paikoitusketju on kuvattu tarkasti erillisessä Excel-tiedostossa. Paikoitusketjusta johtuen jokainen group unit sisältää skel partin, jossa ovat koordinaattipisteet, joihin toiset group unitit paikoitetaan. Group unitit paikoittautuvat toisiinsa nähden oikein, kun ne paikoitetaan toistensa skel partissa oleviin koordinaattipisteisiin (Ks. Kuvio 9). Paikoitusketjun tarkoitus on se, että muutettaessa tai siirrettäessä paikoitusketjun alkupäässä olevan group unitin sisältämää 3D-geometriaa siirtyy myös siihen kytköksissä oleva group unit ja kaikki muutkin group unitit, joiden paikoitukseen tämä muutos vaikuttaa paikoitusketjun kautta.



Kuvio 9. Koordinaattipisteet group unitien paikoitusta varten

Paikoitusketjun tarpeesta ja sen rakenteesta johtuen on Drive-Itiä varten Suolahdessa luotu CAD BOMin runko, joka on jaettu neljään pääryhmään: Engine, Cabin, Transmission Valtra ja Transmission GIMA. Lisäksi runkoon on lisätty skel part, jonka koordinaattipisteisiin pääryhmät paikoitetaan (Ks. Kuvio 10). Alussa CAD BOMin runko on ns. kokoonpanon tyhjä runko eli siinä ei ole näkyvillä 3D-geometriaa, ennen kuin group unit valinnat on suoritettu Drive-Itillä. Tämän takia siitä käytetään nimitystä CAD BOM -runko eikä CAD BOM.

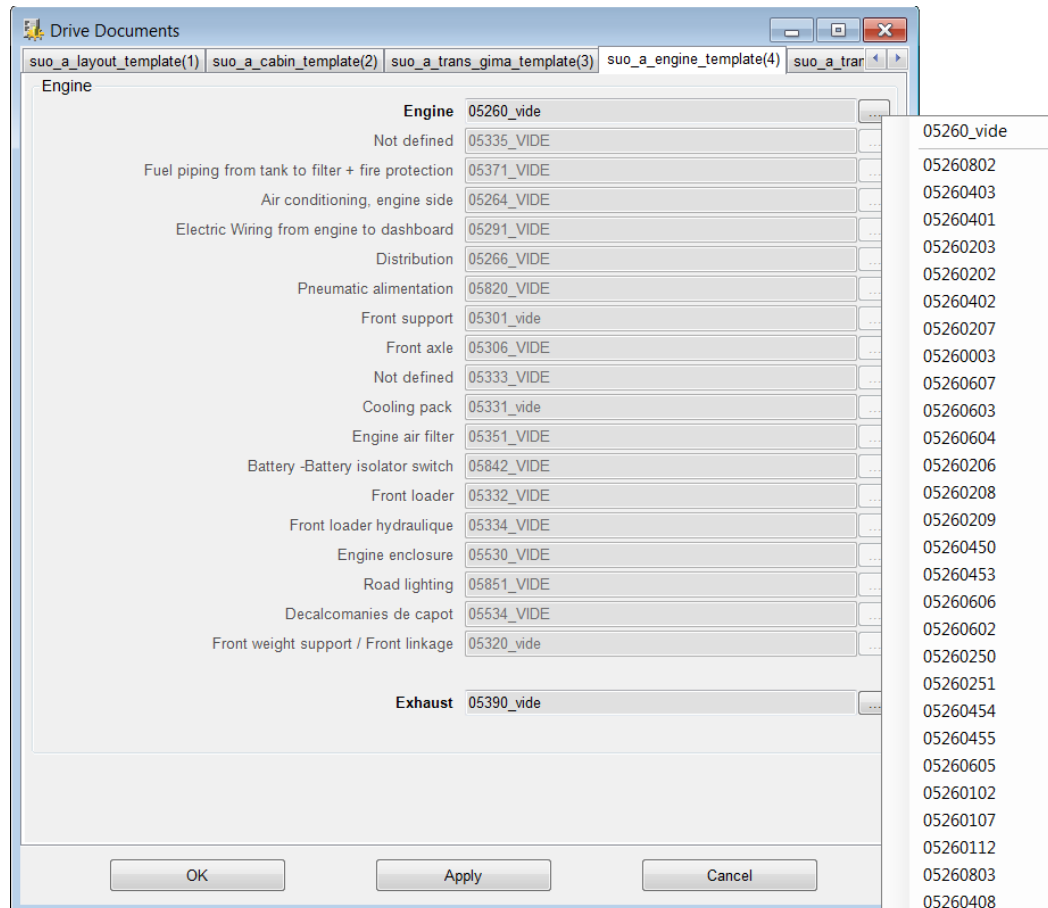


Kuvio 10. Creossa oleva CAD BOM -runko

Pääryhmien alla on tarpeesta riippuen vielä omat skel partit group unitien paikoitusta varten. Pääryhmät koostuvat skel partista ja group uniteista pois lukien

Transmission GIMA -pääryhmä. Transmission GIMA -pääryhmässä on ainoastaan siihen kuuluvat group unitit, koska ne ovat yksittäisiä group uniteja eikä niille ole tehty interchange assembly -kokoonpanoja. Osittain tämän takia niiden paikoitus tapahtuu traktorin nollapisteeseen, jolloin erillistä paikoituskoordinaatistoa niitä varten ei tarvita. Muissa pääryhmissä olevat group unitit kuuluvat edellä mainittuihin interchange assembly -kokoonpanoihin, jotka sisältävät kukin yhden groupin kaikki group unitit. Interchange assembly -kokoonpanot eivät itse sijaitse pääryhmissä vaan ne ovat group unitien taustalla, ja niiden avulla group unit voidaan vaihtaa samaan interchange assembly -kokoonpanoon kuuluvaan group unitiin replace-komennolla. Vaihto tapahtuu ohjelmallisesti, kun group unitit on valittu Drive-It-käyttöliittymässä, ja valinnat hyväksytään painamalla OK. Group unitien lisääminen interchange assembly -kokoonpanoon tapahtuu manuaalisesti, kun group unit halutaan jakaa muille käytettäväksi. Jokainen projektissa mukana oleva tuotekehitysyksikkö on itse vastuussa tuottamiensa group unitien lisäämisestä interchange assembly -kokoonpanoihin. Transmission GIMA -pääryhmään kuuluvat group unitit eivät kuulu mihinkään interchange assembly -kokoonpanoon, ja niiden kuulumista työkokoonpanoon ei voi siksi hallita replace-komennolla. Tämän vuoksi Transmission GIMA -pääryhmän 3D-malleihin on tehty Creon Pro/PROGRAM-sovelluksen avulla Drive-Itin valintoihin pohjautuvat ehtosäännöt, jotka ohjaavat kokoonpanossa näytettäviä Transmission GIMA -pääryhmään kuuluvia group uniteja. Alkutilanteessa Pro/PROGRAM-sovelluksella tehdyt ehtosäännöt sulkevat kaikki Transmission GIMA -pääryhmän group unitit pois kokoonpanosta. Kun Drive-Itissä on valittu group unitit, jotka halutaan näyttää työkokoonpanossa, niin Pro/PROGRAM-sovellus tuo ne näkyviin kokoonpanoon.

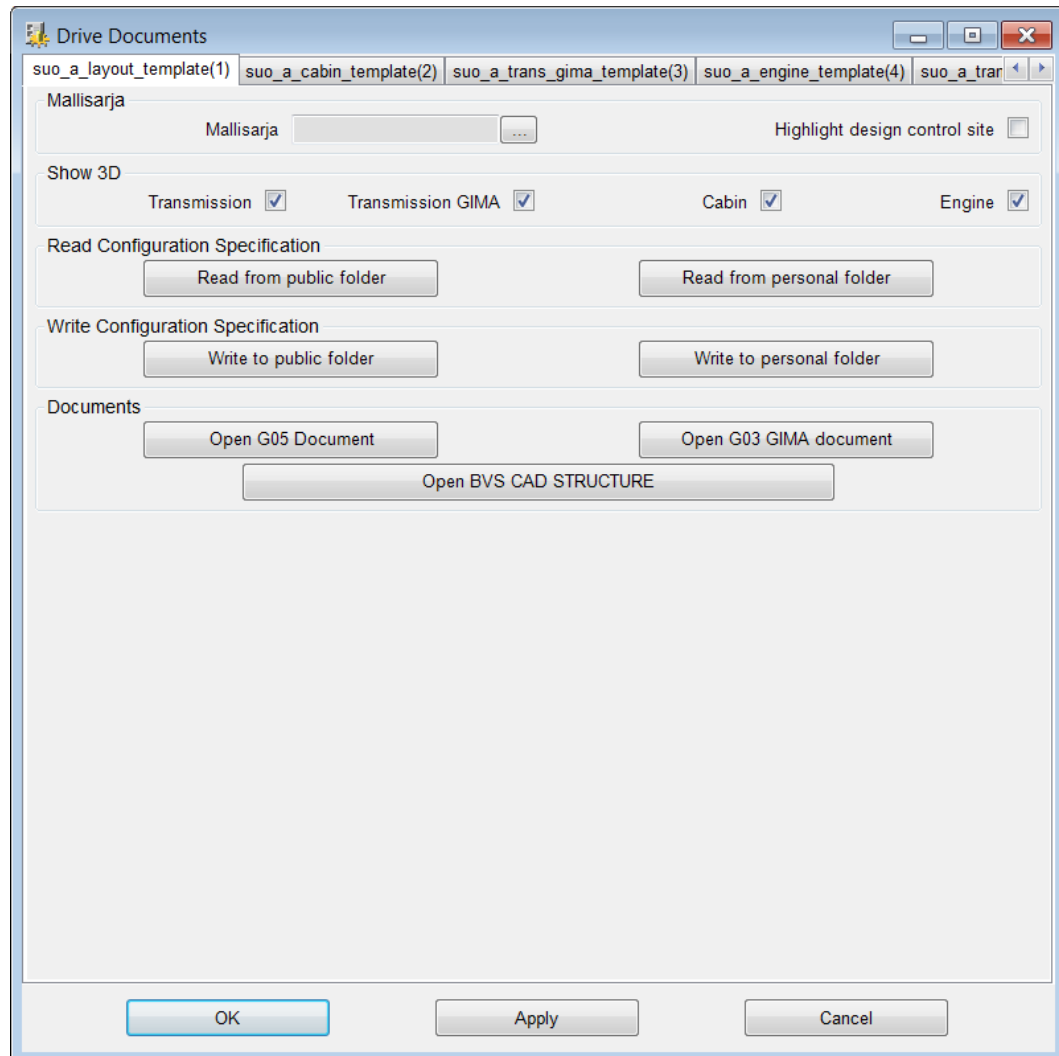
Drive-Itin käyttöliittymässä kokoonpanon pääryhmät ja niiden sisältämät groupit ovat omilla välilehdillään (Ks. Kuvio 11). Välilehdille aukeaa groupien sisältämät group unitien valintalistat, joista työkokoonpanoon haluttavat group unitit valitaan.



Kuvio 11. Engine-välilehti Drive-Itin käyttöliittymässä

Kuviossa 11 on nähtävissä Engine-pääryhmään kuuluvat groupit ja groupiin engine 05260 kuuluvat group unitit. Jokaiseen ryhmään oletuksena valittuna oleva _VIDE-loppuinen group unit on ns. tyhjä group unit, joka ei sisällä 3D-geometriaa. Näitä group uniteja käytetään lähinnä CAD-tekniesten syiden takia interchange assembly -kokoonpanojen toiminnan pohjana. Näiden lisäksi jokaisessa interchange assembly -kokoonpanossa on yksi 999-loppuinen tyhjä group unit, joka valitaan silloin, kun esimerkiksi jokin traktorin toiminnallisuus jätetään pois yksilöstä. 999-loppuisia group uniteja käytetään siis traktorin lopullisessa konfiguroidussa kokoonpanossa. Group unit -listojen päivitys tapahtuu käsin käynnistettävällä päivitysajolla, jossa Drive-It hakee groupeihin kuuluvat group unitit Windchillistä.

Drive-Itin päävalikossa (Ks. Kuvio 12) on ensimmäisenä valintana traktorin rungon (kuviossa mallisarjan) valinta. Sen avulla valittavissa olevien group unitien määrää saadaan rajattua kyseisen rungon super EBOMin mukaiseksi.



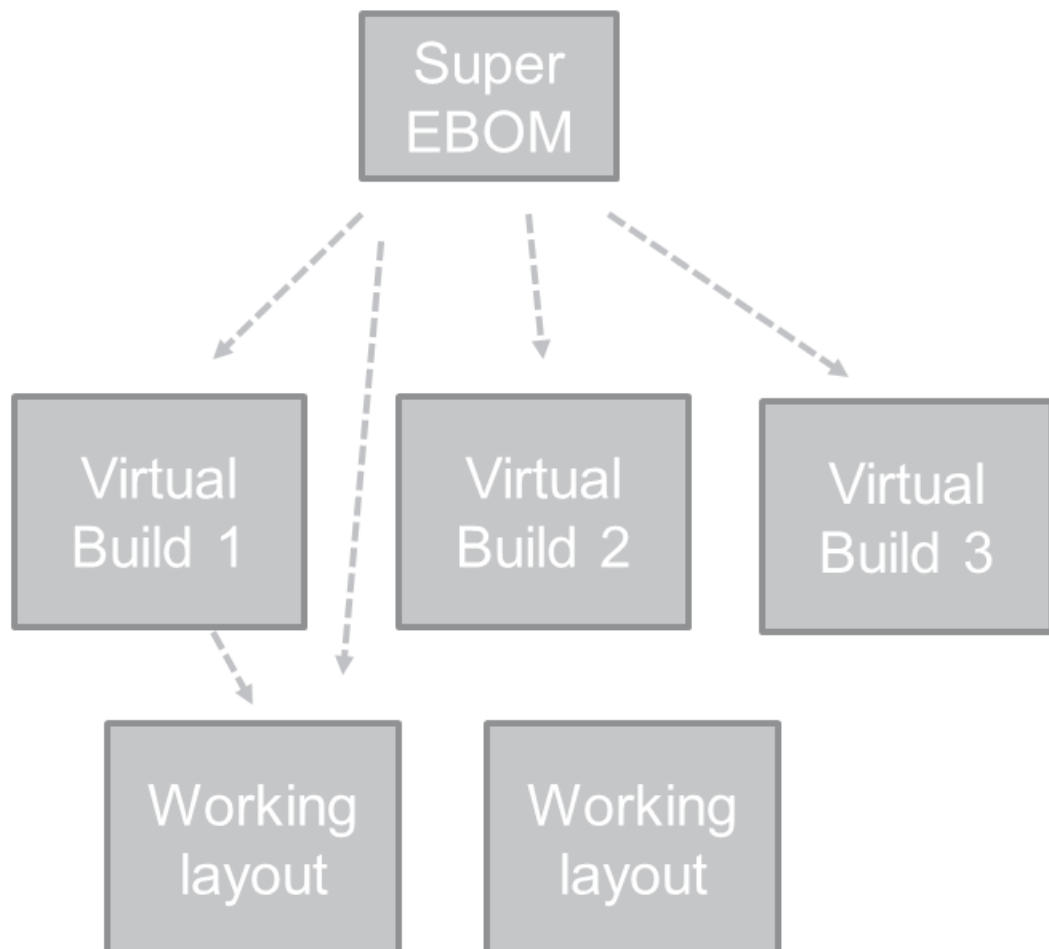
Kuvio 12. Drive-Itin käyttöliittymän päävalikko

Päävalikossa saadaan myös valittua näytettävät pääryhmät ja suunnitteluvastuiden esittämistä voidaan korostaa, jolloin on nähtävissä kunkin yksikön vastuulla olevat group unitit. Drive-Itillä on myös mahdollisuus tallentaa työkoonpanojen group unit -valinnat joko julkisiin tai yksityisiin kansioihin. Myös niiden avaaminen näistä sijainneista on mahdollista.

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa super EBOM koostuu kolmesta tasosta: main function, group ja group unit. Main function -tasolla on yhteensä 40 main functionia. Main functionien alla sijaitsevat kyseisen main

functionin toteuttavat groupit. Groupien alla sijaitsevat group unitit. Group uniteja on yleensä useita yhdessä groupissa, sillä ne ovat groupien eri variantteja. (Sairanen 2015.)

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa eri variaatioiden huomioon ottaminen tapahtuu ns. yksilöperusteisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että CADiin tehdään eri ominaisuuksilla eli toiminnallisuuksien eri varianteilla olevia traktoriyksilöitä. Yksilöitä tehdään sellainen määrä, että ne kattavat kaikki tarvittavat group unitien variantit. Näiden yksilöiden pohjalta luodaan työkokoonpano, jossa otetaan huomioon vain yhden variantin vaikutus kerrallaan. Tarkasteltaessa muita variantteja on group unit vaihdettava toiseen interchange assembly -kokoonpanon sisältämään group unitiin. Kuviossa 13 on esitetty työkokoonpanojen muodostamisperiaate meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa.



Kuvio 13. Tuoterakenteen ja työkokoonpanojen välinen vuorovaikutus globaalissa tuotekehitysprojektissa (Global EBOM 2015.)

Varsinaista yhteistä CAD BOMia ei ole käytössä meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa, vaan group unitit laitetaan kokoonpanoon päätason alle manuaalisesti ja paikoitetaan paikoitusketjun mukaisesti toisiinsa. Yleisestä toimintatavasta poiketen Suolahdessa on luotu oma CAD BOMin runko työkokoonpanojen hallintaa varten tässä projektissa.

Windchillissä kuten Atonissakin on termit, joilla kuvataan nimikkeiden ja CAD-mallien statusta. Windchillin termit eroavat hiukan Atonissa käytössä olevista. Termit Windchillissä ovat: In Work (työn alla), Valid For Collaboration (käytössä yhteisesti), Under Review (tarkastelun alla), Approved For Prototype (hyväksytty prototyyppiin) ja Approved For Series (hyväksytty sarjaan).

Beauvais'n tuotekehitysyksiköllä on käytössään DNF-asennusdokumentti, jota voidaan pitää myös ns. yleisenä piirustuksena group uniteista. DNF-asennusdokumentin ideana on, että yhdessä DNF-asennusdokumentissa esitetään jopa yhden groupin kaikkien group unitien asennukseen liittyvät tiedot. DNF-asennusdokumentti tehdään tällä hetkellä Word-dokumenttipohjaan, johon lisätään group uniteista kuvat näyttöleikkeinä, ja kuvataan asennus niiden yhteyteen. DNF-asennusdokumentti eroaa perinteisestä piirustuksesta siinä, että se ottaa enemmän kantaa group unitien asennukseen ja siinä olevat kuvat group uniteista ovat 3D-kuvia. DNF-asennusdokumentissa voidaan esittää muun muassa group unitin asennuksessa käytettävä kiristysmomentti ja muita asioita, jotka on otettava huomioon asennuksen yhteydessä.

2.4 Työkokoonpanojen hallinnan kehitystarve globaalissa tuotekehitysprojektissa

Suolahden tuotekehitysympäristön ja meneillään olevan globaalien tuotekehitysprojektin tuotekehitysympäristön välillä on eroja, kun niitä tarkastellaan työkokoonpanojen hallinnan näkökulmasta. Tämän luvun tarkoituksena on tehdä yhteenveto tuotekehitysympäristöistä ja niiden suurimmista eroista toisiinsa nähden. Lisäksi tarkoituksena on kerätä ne työkokoonpanojen hallintaan liittyvät asiat ja ominaisuudet Suolahden tuotekehitysympäristöstä, joita on tärkeää kehittää meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa tapahtuvassa

työkokoonpanojen hallinnassa. Toisin sanottuna tässä luvussa kuvataan tavoitetila, johon halutaan päästä. Kuvauksen tavoitteena on avata johdannossa esitettyjä tavoitteita konkreettisemmiksi ja kohdistaa niitä eri asioihin paremmin.

ACL:ssä tapahtuva työkokoonpanojen hallinta on kehitetty varsin pitkälle niin ohjelmistotyökalujen kuin rakenteidenkin osalta. Tällä tarkoitetaan sitä, että eri variaatioiden tarkasteleminen onnistuu vaivattomasti yhdessä työkokoonpanossa samanaikaisesti. Lisäksi rakenteiden päivittyminen ja tätä kautta ajantasaisen suunnitteluympäristön mahdollistaminen ovat ensisijaisen tärkeitä toimivassa työkokoonpanojen hallinnassa. ACL:ssä oleva CAD-konfiguraattori ja sen eri moodit mahdollistavat työkokoonpanojen luomisen niin rakenne- kuin ominaisuus-ohjautuvastikin. Lisäksi mahdollisuus valita useampi moduuli samasta sub groupista ja moduulien paikoittautuminen oikein ilman paikoitusketjua ovat ACL:n selkeitä etuja työkokoonpanojen luonnissa. Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa ei tällä hetkellä ole mahdollista toteuttaa kaikkia edellä mainittuja asioita. Nämä ovat siis selvästi asioita, joita olisi hyvä kehittää tulevaisuudessa, kun globaalissa tuotekehitysympäristössä työskentely tulee lisääntymään.

Gloaalissa tuotekehitysympäristössä tapahtuvaa työkokoonpanojen hallintaa on siis tarpeellista kehittää, jotta työkokoonpanojen hallintaan liittyvät tarpeet täytetään myös globaalissa tuotekehitysympäristössä. Tämä tarkoittaa niin Drive-Itin kuin rakenteidenkin kehittämistä eteenpäin kohti Suolahden tuotekehitysympäristössä tällä hetkellä tapahtuvaa työkokoonpanojen hallintaa. Pitkän aikavälin tavoite on päästä Drive-Itin osalta ns. ominaisuuspohjaiseen valintaan, ja saada super EBOM ja CAD BOM vastaamaan toisiaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kuitenkin maltillisempiin kehitys ratkaisuihin. Tavoitteena oli kehittää Drive-Itin käyttöliittymää ja Creossa olevaa CAD BOMin runkoa, jonka pohjalta Drive-Itillä tehdään työkokoonpanot. Kehittämisessä oli otettava huomioon rajoitteet, joita meneillään olevassa tuotekehitysprojektissa käytettävät toimintatavat, kuten paikoitusketjun noudattaminen aiheuttavat. Lisäksi oli huomioitava group unitien muutosten aiheuttamat tarpeet Drive-Itille ja sen käytölle.

Tuotekehitysympäristöjen toimintatapojen puolesta on äärimmäisen tärkeää, että globaalissa tuotekehitysprojektissa on yhteiset globaalit toimintatavat.

Toimintatavan kehitystoimia on kuitenkin kesken projektin erittäin vaikea toteuttaa. Tämän takia tässä opinnäytetyössä toimintatavan kehitystoimet olivat enemmänkin asioita, joita tulevaisuuden globaalissa tuotekehityksessä tulee ottaa huomioon. Toki joitakin pienempiä asioita kuten group unitien päivystiheyttä tai muuta suunnittelu-tiedon ajantasaistamista kannattaa pyrkiä tekemään jo projektin aikana. Tavoitteena oli tehdä toimintatavan kehitysehdotuksia joiden avulla globaalia tuotekehitystä saadaan sujuvammaksi.

Näiden lisäksi tuotekehitysympäristön muutos, josta seuraa ohjelmistojen ja järjestelmien muutos aiheuttaa tarpeen työpiirustuksien tekotavan muuttamiselle. Järjestelmien väliset erot, toimintatapojen erot ja tarve-erot aiheuttavat sen, että työpiirustukset on tehtävä eri tavalla kuin on totuttu. Tämän seurauksena syntyi tarve tehdä ohje, joka tukee suunnittelijoita työpiirustusten teossa. Tavoitteena oli tehdä ohje, joka kattaa työpiirustuksen teon perusasiat piirustuksen aloittamisesta aina sen Windchilliin viemiseen saakka. Lisäksi Beauvais'n tuotekehityksessä käytössä olevaan DNF-asennusdokumenttiin tulee tutustua.

3 Kokoonpanojen hallinta globaalissa tuotekehityksessä

Opinnäytetyön keskeisimmät käsitteet on määritelty edellä olevaan kokoonpanojen hallinnan nykytilan perehtymiseen pohjautuen. Työn keskeisimmät käsitteet ovat

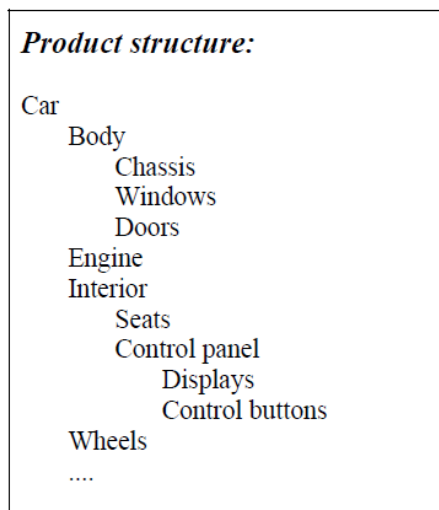
- kokoonpanojen hallinta
- globaali tuotekehitys
- työpiirustus.

Näiden käsitteiden mukaisesti kerättiin työhön liittyvä tietoperusta, joka tukee työn tuloksia ja käsiteltyjä aihealueita. Kokoonpanojen hallintaa varten kerätty tieto-perusta pohjautuu niihin aihealueisiin, joilla on vaikutusta kokoonpanojen hallintaan. Näitä aihealueita ovat muun muassa tuoterakenne, konfigurointi ja tuotekehitys-prosessi. Globaaliin tuotekehitykseen vaikuttavat aihealueet ovat rinnakkais-suunnittelu, globaali tuotekehitys, tuotekehitysprosessi ja suunnittelumenetelmät.

Työpiirustuksiin liittyvä tietoperustan aihealue on työpiirustukset, joka sisältää osajajä kokoonpanopiirustukset. Näitä aihealueita voidaan kutsua myös keskeisten käsitteiden alakäsitteiksi, jotka määrittelevät keskeiset käsitteet tarkemmin.

3.1 Tuoterakenne

Tuote voidaan kuvata sekä toiminnallisista että fyysisistä tekijöistä. Tuotteen toiminnalliset tekijät ovat yksittäisiä operaatioita tai muuttujia, jotka toteuttavat tuotteen kokonaistoiminnon. Fyysiset tekijät, kuten osat, komponentit ja alikokoonpanot, toteuttavat tuotteen toiminnot. Fyysisten tekijöiden määrittelyt tarkentuvat sitä mukaa, kun tuotteen kehitysprosessi etenee. Tuotteen fyysiset tekijät kuuluvat yleensä isompiin kokonaisuuksiin eli moduuleihin. Moduulit ovat täten kokoelma komponenteista, osista ja alikokoonpanoista, jotka toteuttavat tuotteen toiminnallisuutta. Tuotteen arkkitehtuuri eli tuoterakenne esittää yleensä kaaviona, kuinka nämä fyysiset moduulit liittyvät tuotteen toiminnallisuuteen (Ks. Kuvio 14). (Ulrich & Eppinger 2012, 185.)



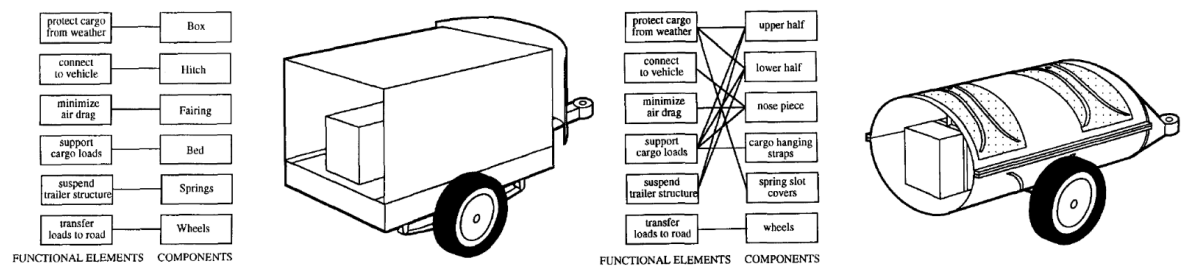
Kuvio 14. Tuoterakenteen esimerkki (Jørgensen 2009, 8)

Tuoterakenne voidaan jakaa karkeasti kahtia: integroituun ja modulaariseen tuoterakenteeseen. Tyypillisiä tunnusomaisia piirteitä integroidulle tuoterakenteelle ovat

- se on suunniteltu ajatellen mahdollisimman korkeaa suorituskykyä

- toiminnallisuuksien toteutus on voitu jakaa useamman moduulin kesken
- moduulien rajat voivat olla vaikeaa tai jopa mahdotonta tunnistaa
- useampi toiminnallisuus on voitu yhdistää muutamaaan moduuliin
- muutokset yhteen komponenttiin, osaan tai alikokoonpanoon voivat vaikuttaa muihin moduuleihin. (Ulrich & Eppinger 2012, 186.)

Kuviossa 15 on esitetty periaate-erot modulaarisen ja integroidun tuoterakenteen välillä.



Kuvio 15. Moduloidun ja integroidun tuotteen periaate-erot (Ulrich 1995, 421–422)

Edellisten havaintojen perusteella voidaan todeta, että integraalinen tuoterakenne toteuttaa yhden tai useamman kohdan seuraavista:

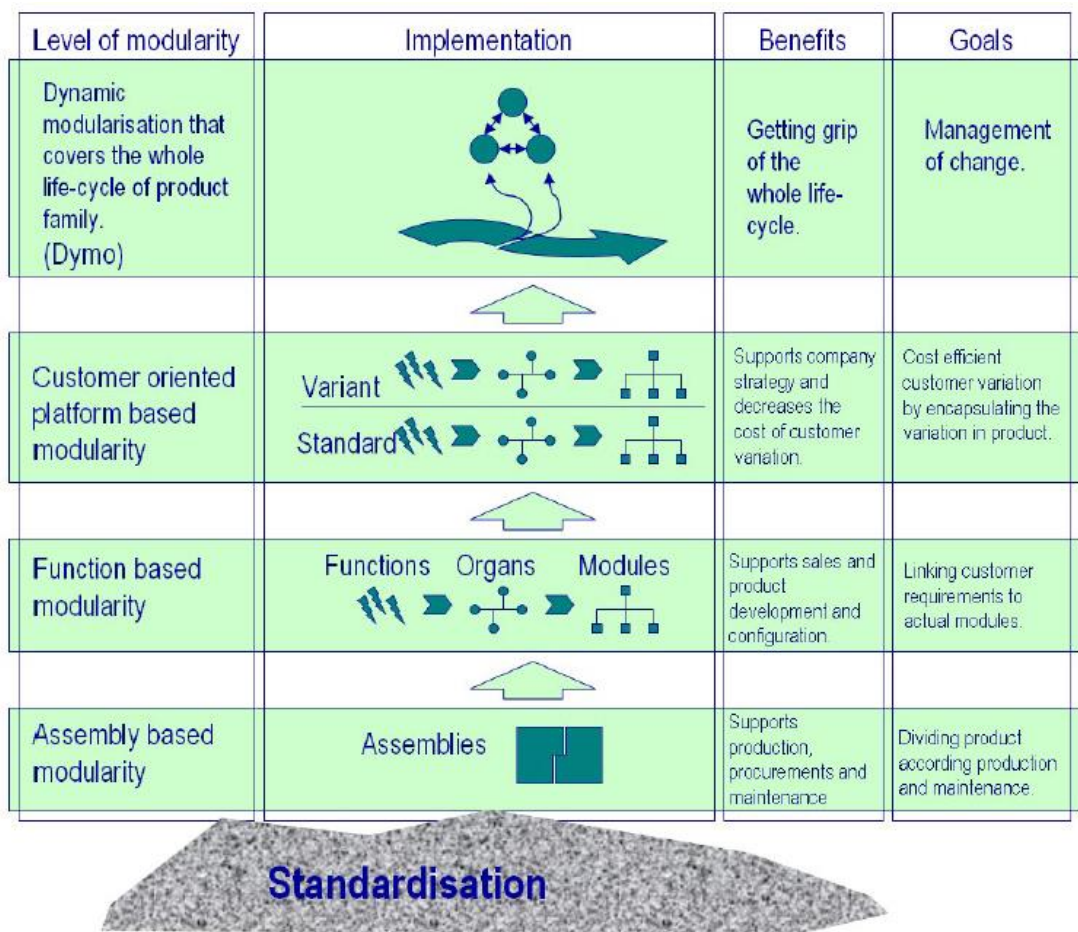
- Tuotteen toiminnallisuudet ovat toteutettu käyttämällä useampaa kuin yhtä moduulia.
- Yksi moduuli voi toteuttaa useamman toiminnallisuuden.
- Moduulien väliset vuorovaikutukset voivat olla vaikeasti määriteltävissä. (Ulrich & Eppinger 2012, 186.)

Integroidun tuoterakenteen vastakohta on modulaarinen tuoterakenne.

Modulaarinen tuoterakenne on enimmäkseen sellainen, että tuotteen jokainen toiminnallisuus on toteutettu ainoastaan yhdellä moduulilla. Modulaarisessa tuoterakenteessa moduulien vuorovaikutukset on määriteltävä riittävän hyvin, jotta tuoterakenteen modulaarisuus ei kärsi. Tällainen modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa yhden moduulin muuttamisen ilman, että tuotteen toiminnallisuus häiriintyy. Lisäksi moduulit voidaan suunnitella melko itsenäisesti. Modulaarisen tuoterakenteen selkeitä ominaispiirteitä ovat siis seuraavat:

- Yksi moduuli toteuttaa yhden tai useamman toiminnon.
- Moduulien väliset vuorovaikutukset on määritelty tarkasti. (Ulrich & Eppinger 2012, 185.)

Modulaarisen tuoterakenteen perustamiselle ja kehittämiseksi eteenpäin on monia valmiita ajatusmalleja, joiden avulla modulaarisia tuoterakenteita on luotu onnistuneesti (Ks. Kuvio 16).



Kuvio 16. Modulaarisen tuoterakenteen ajatusmalleja (Lehtonen 2007, 92)

Ensimmäinen modulaarisen tuoterakenteen ajatusmalli on kokoonpanoperusteinen modulaarisuus (Assembly based modularity). Siinä tuote on jaettu moduuleihin tuotannossa tehtävien kokoonpanojen perusteella. Kokoonpanoperusteinen modulaarisuus on vanhin ja eniten käytetty modulaarisen tuoterakenteen perusta. Tällainen moduulijaottelu huomioi erityisesti tuotannon ja huollon tarpeet ja tukee niiden toimintoja tällä tavoin. (Lehtonen 2007, 92.)

Toinen ajatusmalli modulaariselle tuoterakenteelle on toimintopohjainen modulaarisuus (Function based modularity). Siinä tuote on jaettu moduuleihin sen toimintojen perusteella. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi fyysinen moduuli toteuttaa yhden toiminnallisuuden. Näistä moduuleista voidaankin käyttää nimitystä toiminnalliset moduulit. Toimintopohjaisen modulaarisuuden perusta on, että tuotteen toiminnallisuudet pohjautuvat sen ydinteknologiaan. Tämä ei kuitenkaan ole kiveen hakattua, vaan toimintopohjaiseen modulaarisuuteen voidaan päätyä myös teollisista ja liiketoiminnallisista näkökulmista. Ajatusmalli tukee hyvin asiakaskohtaisesti konfiguroitavia tuotteita, sillä asiakkaat valitsevat yleensä ominaisuuksia tuotteisiin eivätkä ole niin kiinnostuneita sen toteuttavasta fyysisestä moduulista. Tämän seurauksena myös myynti hyötyy tästä ajatusmallista. Lisäksi tämä tukee hyvin tuotteen ja koko tuoteperheen kehittämistä, koko niiden elinkaarien ajan. (Lehtonen 2007, 93.)

Seuraava modulaarisen tuoterakenteen ajatusmalli on platform-malli (Customer oriented platform based modularity). Tässä ajatusmallissa tuote on jaettu varioituviin moduuleihin ja standardimoduuleihin. Standardimoduulit ovat samoja jokaisessa tuotteen eri variantissa, mutta varioituvat moduulit vaihtelevat sen mukaisesti, mitä ominaisuuksia tuotteeseen valitaan. Tuote varianttien standardoidut moduulit muodostavat varianteille yhteisen platformin eli tuotealustan, johon varioituvat moduulit liittyvät. Varioituvat moduulit noudattavat edellä esitetyn toimintopohjaisen modulaarisuuden toimintaperiaatteita. Platformin muodostavat standardimoduulit ovat yleensä tuotteiden ydinteknologian sisältäviä moduuleja. Platform-malli vaatii yritykseltä edistyksellistä vakiointityötä ja kykyä tunnistaa tuotteiden yhteiset vakiomoduulit, joista muodostetaan tuotealusta. (Lehtonen 2007, 93.) Platform-malli toimii myös pohjana tuoteperheajattelussa. Tuoteperheen yhteydessä puhutaan joskus generisestä platformista (yleinen tuotealusta), joka sisältää tuoteperheen kaikkien varianttien vakiomoduulit eli tuotealustan.

Platform-mallin hyödyntäminen perustuu markkinoiden vahvaan tuntemiseen ja niiden vaatimusten tarkkaan tiedostamiseen. Niiden avulla määritellään tarjonnan laajuus. Jos tarjontaa ja samalla variaatioiden mahdollisuuksia on liikaa, nousevat tuotealustan kustannukset liian korkeiksi, ja tarjonta menettää kilpailevuutensa. Jos

taas tarjonta on liian suppeaa, ei markkinoiden potentiaalia pystytä hyödyntämään täysin. (Annacchino 2007, 121.)

Valtran modulaarinen tuoterakenne perustuu kahteen edellä esitettyyn periaatteeseen: kokoonpanoperusteiseen ja platformperusteiseen ajatusmalliin. Tuoterakenteen kokoonpanoperusteisuus näkyy siinä, että moduulit koostuvat osien muodostamista kokoonpanoista. Tämän seurauksena muun muassa kokoonpanotehdas hyötyy tuoterakenteen jaottelusta, sillä moduulien asennus on helpompaa. Platformperusteisuus näkyy taas siinä, että mallisarjan traktoreilla on yhteisiä standardimoduuleja, joista niille on luotu yhteinen platform. Tämä mahdollistaa asiakkaiden vaatimukset täyttävien yksilöllisten traktoreiden toimittamisen kohtuullisin kustannuksin.

3.2 Tuoteperhe

Nykyaikaisen yrityksen ei ole aina järkevää suunnitella ja tuottaa kaikille asiakkailleen juuri heidän haluamiaan tuotteita. Tässä tilanteessa voidaan hyödyntää tuoteperhettä. Tuoteperheen avulla yritys voi samanaikaisesti tarjota asiakkailleen laajan valikoiman tuotteitaan, joilla tyydyttää mahdollisimman monen asiakkaan yksilölliset tarpeet, ja pienentää tuotekehitys-, valmistus- ja huoltokustannuksia lisäämällä osien standardisointia ja uudelleenkäyttöä. (Ohvanainen & Hietikko 2012, 182.)

Tuoteperhe koostuu toisiinsa teknisesti sidoksissa olevista tuotteista, jotka ovat kuitenkin erilaistettuja toisiinsa nähden. Nämä yksilölliset tuotteet jakavat yhteisen tuotealustan ja ne palvelevat tiettyjä markkinarakojen joukkoa tietyillä markkinoilla. Tuoteperheen jäseniä kutsutaan tuotevarianteiksi eli tuoteyksilöiksi. Niillä jokaisella on oma, yksilöllinen arkkitehtuuri, jota voidaan kutsua myös tuoterakenteeksi. Tuoteperheen ajatus on, että saman tuoteperheen tuoteyksilöiden tuoterakenteet olisivat mahdollisimman paljon samanlaiset. Tämä tarkoittaa sitä, että muutokset tuoteyksilöiden välillä ovat moduuli ja komponentti tasoilla. (Ohvanainen & Hietikko 2012, 182.)

Tuoteperheet voidaan jakaa kahtia sen mukaan ovatko ne moduuli- vai skaalapohjaisia tuoteperheitä. Moduulipohjaisissa tuoteperheissä tuotteiden

ominaisuudet muuttuvat tuotteiden välillä lisäämällä, vaihtamalla tai poistamalla moduuleja. Tämän mahdollistamiseksi moduulien tulisi sisältää standardoidut liitäntä pinnat ja sallia erilaisia rakenteita niiden välillä. Skaalapohjaisessa tuoteperheessä ominaisuudet tuotteiden välillä muuttuvat skaalautuvien arvojen mukaisesti kuten koon, näön tai perusratkaisun mukaan. Tuotteiden perustoimintapariaate säilyy tuotteiden välillä kuitenkin samana, mutta ne toimivat eri suorituskykytasolla. (Ohvanainen & Hietikko 2012, 183–184.)

3.3 Moduuli

Yksinkertaistettuna moduulit voidaan ajatella Lego-palikoina, jotka liittyvät toisiinsa rajapinoillaan olevien liitoselimien avulla. Moduulit ovat yksittäisiä osia, komponentteja tai kokoonpanoja, mutta ne eivät synny niin, että niitä aletaan kutsua moduuleiksi, vaan niiden taustalla on oltava esimerkiksi jokin toiminnallisuus. (Harju 1999, 160.)

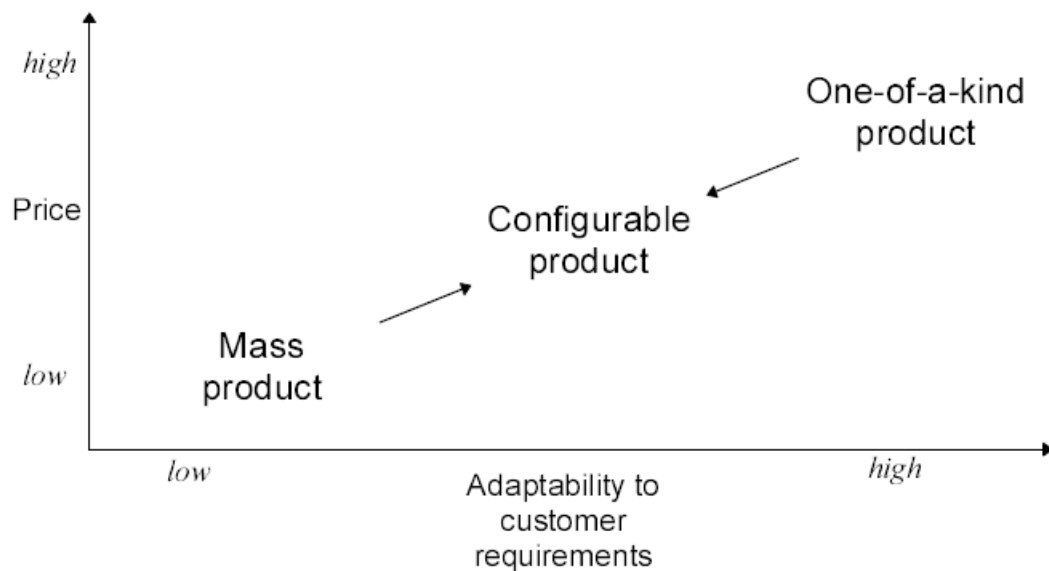
Moduuli on yleensä tuotteen yksi toiminnallinen ominaisuus, joka on toteutettu yhdellä fyysisellä kokonaisuudella. Lisäksi se sisältää liitäntä mahdollisuuden muihin moduuleihin. Moduulia on mahdollista muuttaa niin, että muihin sen ympärillä oleviin moduuleihin ei tarvitse tehdä muutoksia. Tämä onkin moduloinnin ja modulaarisuuden yksi parhaimmista puolista. (Ulrich & Eppinger 2012, 185.)

3.4 Tuotevarianttien hallinta

3.4.1 Konfigurointi

Konfigurointi on tapa toteuttaa yksilöllisiä asiakastarpeita täyttäviä tuotevariantteja tietyin ehdoin. Konfigurointi on siis ennalta suunniteltujen komponenttien ja moduulien yhdistelemistä niin, että tuote toteuttaa vaaditut asiakastarpeet. Tuotteisiin saatavilla olevat ominaisuudet rajataan jo suunnitteluvaiheessa niin, että komponentit ja moduulit suunnitellaan niiden mukaisesti, jolloin tilaus-toimitusprosessin aikaista osien suunnittelua ei tarvitse tehdä. Konfiguroinnin mahdollistamiseksi tuotteilla on oltava yhteinen modulaarinen tuoterakenne. (Tiihonen & Soinen 1997, 3–4.)

Massatuotteen (Mass product) tilaus-toimitusprosessin läpäisy aika on huomattavasti lyhyempi kuin yksittäistuotteen (One-of-a-kind product). Yksittäistuote on tehty nimenomaan kulloisenkin asiakkaan toiveiden mukaan, ja se on tällöin juuri sellainen, kuin asiakas haluaa sen olevan. Massatuote taas on aina samanlainen riippumatta asiakkaan toiveista. Lisäksi massatuote on halvempi tuottaa kuin yksittäistuote. Yhdistämällä näitten ääripäitten hyvät puolet saadaan konfiguroitava tuote (Configurable product), jonka tilaus-toimitusprosessi on nopeampi kuin yksittäistuotteella, ja joka sisältää paremmin asiakkaan haluamia ominaisuuksia kuin massatuote (Ks. Kuvio 17).



Kuvio 17. Massa- ja yksittäistuotteesta konfiguroitavaksi tuotteeksi (Tiihonen & Soininen 1997, 11)

3.4.2 Konfiguraattori

Konfiguraattori voi olla joko manuaalinen tai tietojärjestelmäpohjainen työkalu, jolla konfiguroitavien tuotteiden konfigurointi ja niiden hallinta hoidetaan. Nykyään käytössä olevat konfiguraattorit ovat pääsääntöisesti tietojärjestelmäpohjaisia. Konfiguraattoreita on käytetty tilaus-toimitusprosesseissa aina 1980-luvun alusta lähtien. Kaupallisia konfiguraattoreita on tarjolla useita, mutta ne eivät välttämättä suoraan sovellu yrityksen tarpeisiin. Tämän vuoksi konfiguraattorit ovat monesti räätälöityjä yrityksen tarpeita vastaavaksi. (Tiihonen & Soininen 1997, 11–12.)

Konfiguroitavan tuotteen monimutkaisuus ja parempi suunnittelutiedon uudelleen käytön mahdollisuus tuoteidean muuttuessa, voivat olla tärkeimmät syyt, joiden takia yritys käyttää konfiguraattoria. Näiden lisäksi on olemassa seuraavanlaisia perustavaa laatua olevia hyötyjä ja syitä, jotka tukevat konfiguraattorin käyttöä:

- vähemmän virheitä konfigurointiprosessissa
- lyhyempi läpäisy aika tilaus-toimitusprosessissa
- monimutkaisen tuotteen konfiguroinnin mahdollisuus ilman vankkaa teknistä tietämystä
- tuotantomäärien kasvattaminen ilman resurssien lisäämistä. (Tiihonen & Soininen 1997, 12–13.)

Konfiguraattorit mielletään monesti yrityksen myyntiosastojen työkaluiksi. Todellisuudessa niillä on käyttöä myös tuotekehitysprosessin aikana. Tuotteen konfigurointi mahdollistetaan tuotteen tuotekehityksen aikana suunnittelemalla sille ensin modulaarinen tuoterakenne. Tämän jälkeen itse suunnittelutyö tehdään varianttilähtöisesti. Varianttilähtöisessä suunnittelussa suunnittelijoilla on tarve suunnitella osat niin, että ne ovat yhteensopivia eri tuotevariantteihin. Tämä tarkoittaa sitä, että työkokoonpanossa olevien osien on syytä olla vaihdettavissa tuotteen ominaisuusvariantin mukaisesti. Tällöin konfiguraattorin käyttö suunnittelussa on hyödyllistä. Konfiguraattorin avulla suunnittelija voi luoda tarvitsemansa työkokoonpanon joko valitsemalla tuotteen varioituvia ominaisuuksia tai suoraan moduuleita. Konfiguraattorin käyttö suunnittelussa lyhentää tuotekehitysprosessissa suunnittelun vaiheikaa, sillä konfiguraattori nopeuttaa oikeanlaisen työkokoonpanon muodostamista ja mahdollistaa eri varianttien testaamisen. Tällöin myös koko time-to-market-läpimenoaika lyhenee. Konfiguraattori vaikuttaa myös suunnittelun laatuun parantavasti, sillä eri variaatioiden huomioon ottaminen helpottuu.

3.5 Rinnakkaissuunnittelu

Rinnakkaissuunnittelu (Concurrent Engineering) on filosofia ja sarja ohjattuja periaatteita, jossa tuote- ja prosessisuunnittelu tehdään limittäin. Perinteisessä vaiheittaisessa suunnittelussa suunnitteluvaiheet tehdään toinen toisensa jälkeen. Tällöin suunnittelun seuraava vaihe aloitetaan vasta, kun edellinen vaihe on valmis. Rinnakkaissuunnittelussa suunnitteluvaiheet sitä vastoin limitetään eli niitä tehdään samanaikaisesti. Rinnakkaissuunnittelussa eri toimintojen välinen vuorovaikutus on tiivistä ja niiden tehtävät lomittuvat. (Barkley 2007, 293–294.)

Rinnakkaissuunnittelun avulla säästetään aikaa ja rahaa. Lisäksi mahdollistetaan tuotteen parempi laatu ja tuotteen ominaisuuksien parempi toteutus. Tuotteeseen liittyvät valinnat pyritään tekemään mahdollisimman nopeasti ja tilaus-toimitusketju huomioiden. Rinnakkaissuunnittelu voidaan jakaa neljään menetelmään:

- elinkaarisuunnittelu, jossa tuotteen kehityksessä ovat mukana tuotteen eri elinkaaren vaiheissa toimivat tahot
- monialaiset tuotekehitystiimit, joissa eri osa-alueiden asiantuntijat ja toimintojen edustavat muodostavat tuotekehitystiimin
- DFMA, jossa tuote suunnitellaan erityisesti valmistus ja kokoonpano huomioiden
- DFA, jossa tuote suunnitellaan saavutettavuus huomioiden.

(Tuotteistamiskäsikirja 2007, Rinnakkaissuunnittelu.)

Rinnakkaissuunnittelussa painottuvat seuraavat asiat: toimintojen ja sidosryhmien näkemyksien tulisi kohdata mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, tuotteen suunnittelun kriittisen polun eli lyhin toteutumisaika tulisi tunnistaa ja suunnittelu-tieto tulisi jakaa ajantasaisena. Lisäksi on huomioitava, että rinnakkaissuunnittelu voi tarkoittaa eri asioita eri toimintaympäristöissä. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi pienessä yrityksessä rinnakkaissuunnittelu voi olla itsestään selvä tapa toimia, kun taas isossa yrityksessä rinnakkaissuunnittelun hyödyntäminen vaatii koko tuotekehitysorganisaation ohjausta. (Tuotteistamiskäsikirja 2007, Rinnakkaissuunnittelu.)

Rinnakkaissuunnittelun vaikutuksia on havaittavissa niin pienten yritysten jokapäiväisestä suunnittelusta aina isoihin tuotekehitysprosesseihin asti. Esimerkiksi pienen yrityksen suunnittelutyötä voidaan tehdä rinnakkain ilman erillistä prosessimallia tai tuotekehitysprosessin vaiheet, kuten konseptointi ja pääsuunnittelu voidaan tehdä samanaikaisesti. Itse asiassa useimmissa rinnakkais-suunnittelun tapauksissa kaikki tuotekehitysprosessin vaiheet voivat sisältää rinnakkaisia toimintoja. (Barkley 2007, 294.) Edellä esitetyistä esimerkkitalouksissa rinnakkaissuunnittelun oikealla toteutuksella voidaan saavuttaa seuraavia asioita:

- lyhyempi tuotekehitysaika (vrt. time-to-market)
- kustannustehokkaampi suunnittelu
- laadukkaampi lopputuote
- ei yllätyksiä eikä pettymyksiä. (Baylis 1994, 20.)

Rinnakkaissuunnittelusta käytetään myös muita termejä, kuten yhtäaikainen suunnittelu tai samanaikainen suunnittelu. Sitä kuvaillaan kirjallisuudessa pääsääntöisesti eri toimintojen, kuten suunnittelun, tuotannon ja huollon, rinnakkaissuunnitteluna lähes koko tuotekehitysprosessin ajan. Rinnakkais-suunnittelu voidaan myös ajatella tuotekehitysprosessin suunnitteluvaiheessa tapahtuvana rinnakkaissuunnitteluna, jossa yrityksen eri tiimit tai jopa eri yksiköt tekevät suunnittelutyötä samanaikaisesti. Tämän tyylisessä suunnittelussa korostuu muun muassa suunnittelun, muutoksien ja rinnakkaisten suunnittelutehtävien hallinta. Suunnittelussa huomioitavat asiat ja saatavat edut kuitenkin pysyvät samoina riippumatta siitä, toteutetaanko rinnakkaissuunnittelu eri toimintojen vai suunnittelutiimien välillä.

Lisäksi rinnakkaissuunnittelulla voidaan tarkoittaa tuotekehitysprosessin suunnitteluvaiheen sisältävien vaiheiden tai toimien rinnakkaista toteutusta. Tämä tarkoittaa sitä, että projektiin osallistuva tiimi tai yksikkö voi olla muita edellä prosessissa. Sen ollessa harkittua saadaan sen avulla tuotettua suunnittelutietoa ns. edestä taaksepäin, jolloin muun muassa suunnittelua aloitettaessa on olemassa normaalia enemmän suunnittelutietoa, jota voidaan käyttää hyödyksi osaa suunniteltaessa. Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa on kyse

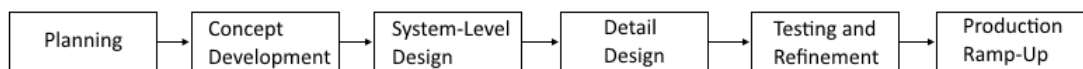
suunnittelutiimien välisestä rinnakkaissuunnittelusta, jossa suunnitteluvaiheen sisäisiä toimintoja voidaan tehdä rinnakkain eli edetään prosessissa eriaikaisesti.

3.6 Tuotekehitysprosessit

3.6.1 Yleinen tuotekehitysprosessi

Yleinen tuotekehitysprosessi on sarja peräkkäisiä toimenpiteitä, joiden aikana yritys luonnosteleo, suunnittelee ja kaupallistaa tuotteen. Yrityksillä on yleensä erilainen käsitys toimivasta tuotekehitysprosessista, jonka takia niiden prosessit eroavat toisistaan. Joillakin yrityksillä tuotekehitysprosessi on tarkasti määritelty, ja sitä noudatetaan sääntillisesti. Toisilla taas tuotekehitysprosessi on niin monimutkainen, että jo pelkästään sen kuvaaminen on haastavaa. Lisäksi samassa yrityksessä saatetaan käyttää eri tuotekehitysprosesseja riippuen työskenneltävästä tuotekehitysojektista. (Ulrich & Eppinger 2012, 12.)

Yleinen tuotekehitysprosessi koostuu kuudesta vaiheesta (Ks. Kuvio 18). Prosessi alkaa suunnitteluvaiheella, joka on yhteydessä kehityso tutkimus ja teknologiakehitys toimiin. Suunnitteluvaiheen tuotos on prosessilla toteutettavan projektin tehtävien kuvaus, joka toimii lähtötietona konseptin kehitysovaiheelle. Tuotekehityso prosessin lopputulos on tuotteen tuotantoon vieminen ja lanseeraus, joka tapahtuu, kun tuote vapautuu markkinoille saatavaksi. (Ulrich & Eppinger 2012, 13.)



Kuvio 18. Tuotekehityso prosessin vaiheet (Mukailtu Ulrich & Eppinger 2012, 13–15)

Kuviossa 18 nähtävillä olevien tuotekehityso prosessin vaiheiden pääkohdat on kuvattu seuraavaksi. Näiden kuvausten tarkoituksena on selventää, mitä eri vaiheet pitävät sisällään tässä tuotekehityso prosessin jakotavassa.

Esisuunnittelu (Planning)

Esisuunnitteluvaihetta pidetään yleensä ns. 0-vaiheena, koska se edeltää varsinaista tuotekehityso prosessia. Esisuunnitteluvaihe alkaa mahdollisuuksien tunnistamisella ja

teknologiakehityksen sekä markkinatilanteen selvityksillä. Vaiheen tuotos on projektin määrittely, joka määrittelee tavoitte markkinat, liiketoiminta tavoitteet, tärkeimmät olettamukset ja pakotteet. (Ulrich & Eppinger 2012, 14–15.)

Konseptin laatiminen (Concept Development)

Konseptin laatimisvaiheessa tehdään muun muassa kohde markkinoiden tunnistus, vaihtoehtoisten tuotekonseptien luominen ja arviointi sekä niiden valinta jatkokehitykseen ja testaukseen. Konsepteissa kuvataan tuotteen muotoa, toiminnallisuuksia ja ominaisuuksia. Lisäksi saatetaan esittää tuotteen tarkka määrittely, kilpailevien tuotteiden analyysit ja projektin budjetti. (Ulrich & Eppinger 2012, 15.)

Pääsuunnittelu (System-Level Design)

Pääsuunnitteluvaiheessa määritetään tuotteiden tuoterakenne, tuotteen jakautuminen moduuleihin ja komponentteihin sekä suoritetaan tärkeiden osien alustava suunnittelu. Myös alustava tuotantosuunnitelma ja kokoonpanosuunnitelma tehdään tässä vaiheessa. Pääsuunnitteluvaiheen tuotos sisältää tuotteen geometrisen suunnittelumallin, toiminnallisuuksien tarkan määrittelyn jokaiselle moduulille ja alustavan prosessin etenemiskaavion loppukokoonpanoa varten. (Ulrich & Eppinger 2012, 15.)

Yksityiskohtainen suunnittelu (Detail Design)

Yksityiskohtainen suunnittelu pitää sisällään geometrioiden, materiaalien ja toleranssien tarkat määrittelyt. Käytännössä tämä tarkoittaa siis tuotteeseen tulevien osien 3D-suunnittelua. Tässä vaiheessa suunnitellaan tuotantoa varten osien asentamiseen käytettävät työkalut ja lyödään lukkoon tuotannon prosessikaavio. Vaiheen tuotoksena syntyvät muun muassa tuotteen osien 3D-mallit, työpiirustukset, ostettavien osien tiedot ja tuotteen kokoonpano. (Ulrich & Eppinger 2012, 15.)

Tuotteen testaus ja viimeistely (Testing and Refinement)

Tuotteen testaus- ja viimeistelyvaiheessa tuotteen esituotannolliset versiot rakennetaan ja arvioidaan. Ensimmäiset prototyypit rakennetaan käyttämällä osia, jotka ovat tuotannossa käytettävien osien kaltaisia. Käytettävät osat ovat siis geometrioiltaan ja materiaaleiltaan samanlaisia kuin tuotannossa on suunniteltu

käytettävän. Nämä osat saattavat kuitenkin vielä muuttua. Prototyypit testaan määrättyissä olosuhteissa ja testeissä kiinnitetään huomiota siihen, että ne toimivat niin kuin ne on suunniteltu ja että ne täyttävät asiakkaiden vaatimukset. Toiset prototyypit valmistetaan käyttämällä osto-osia. Eli erona edellisiin prototyyppeihin on se, että edellisissä prototyypeissa osat valmistetaan itse ja keskitytään enemmänkin tuotteen toimintojen testaamiseen. Jälkimmäisissä prototyypeissa taas testataan tuotantoon suunniteltujen osien toimivuutta tuotteessa. Nämä jälkimmäiset prototyypit voidaan testata asiakkaiden toimesta vaativissa ja realistisissa käyttöympäristöissä. Testaus- ja viimeistelyvaiheesta saadaan yleensä vastaukset tuotteen käytettävyydestä ja luotettavuudesta. Tämän vaiheen aikana on vielä mahdollista tehdä välttämättömät muutokset tuotteeseen. (Ulrich & Eppinger 2012, 15.)

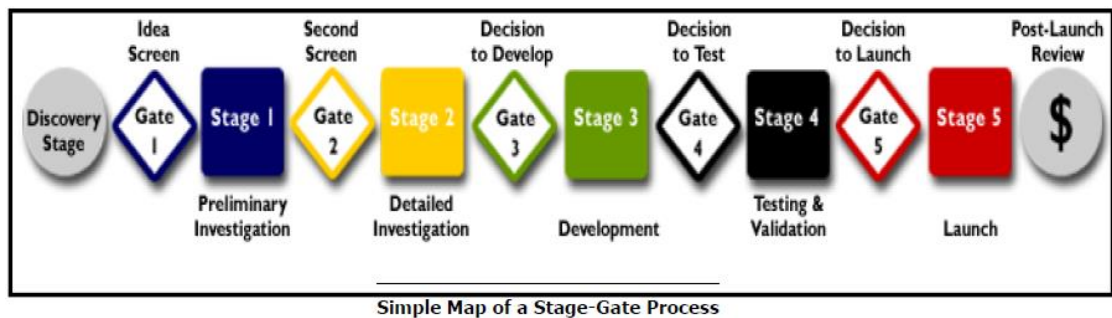
Tuotantoon vieminen (Production Ramp-Up)

Tuotteen vieminen tuotantoon on tuotekehitysprosessin viimeinen vaihe. Vaiheen tarkoituksena on kouluttaa tuotannon työntekijöitä uutta tuotetta varten, ja samalla ratkaista viimeiset haasteet tuotantoprosessissa. Vaiheen aikana tuotetut tuotteet saatetaan toimittaa tarkoin valikoiduille asiakkaille, jotka raportoivat jäljellä olevista puutteista. Siirtyminen varsinaiseen tuotantoon tapahtuu yleensä asteittain ja varsinainen tuotteen lanseeraus tapahtuu siirtymän jossakin vaiheessa. Lisäksi vaiheeseen kuuluu tuotteen arviointi niin kaupallisesta kuin teknillisestä näkökulmasta ja kehityskohteiden tunnistaminen tulevaisuuden projekteja varten. (Ulrich & Eppinger 2012, 16.)

3.6.2 Vaihe-portti-prosessimalli

Vaihe-portti-prosessimalli on käsitteellinen ja toiminnollinen tuotekehitysprosessin malli siitä, kuinka tuotekehitysprojektissa edetään ideasta aina tuotteen markkinoille vapauttamiseen saakka. Vaihe-portti-prosessimalli on kehitetty 1950–1960-luvuilla, ja sen kehittäjänä toiminut professori Robert G. Cooper julkaisi sen 1970-luvulla. Se koostuu nimensä mukaisesti vaiheista (stage) ja porteista (gate) (Ks. Kuvio 19). Vaiheet koostuvat ennalta määritellyistä, rinnakkaisista ja rajoittamattomista toiminnoista. Portit toimivat vaiheiden välisinä tarkistuspisteinä, joissa tehdään

päätös viedäänkö ideaa tai siinä vaiheessa jo suunnittelua eteenpäin. (Cooper 2000, 5; Berg, Leivo, Pihlajamaa & Leinonen 2001, 18.)



Kuvio 19. Yleinen vaihe-portti-prosessimalli (Cooper 2000, 5)

Vaiheet ovat niitä, joissa toiminnot tapahtuvat. Vaiheiden aikana projektiin osallistuvat henkilöt suorittavat vaiheisiin kuuluvia tehtäviä ja näin ollen tuottavat tietoa seuraavaan porttiin eli tarkistuspisteeseen. Vaiheet ovat toiminnallisesti rajoittamattomia, jolloin niissä tehtäviin toimintoihin osallistuu niin suunnittelun, markkinoinnin ja tuotannon edustajia. (Cooper 2000, 5.) Vaihe-portti-prosessimallin vaiheet vastaavat edellä esitettyjä yleisen tuotekehitysprosessin vaiheita (Ks. Kuvio 18). Merkittävin ero näillä prosesseilla on vaihe-portti-prosessissa olevat portit.

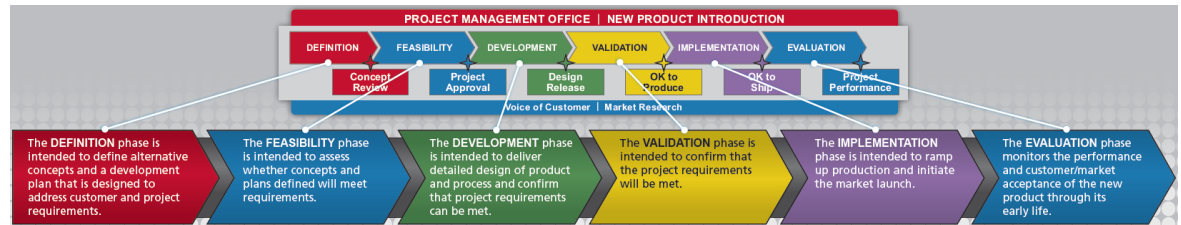
Jokainen vaihe maksaa enemmän kuin edeltävä vaihe ja tämän vuoksi vaiheiden välisillä porteilla on suuri merkitys vaihe-portti-menetelmään perustuissa prosesseissa. Portit ovat vaiheiden välisiä tarkistuspisteitä. Niissä voidaan tehdä päätöksiä, kuten edetäänkö prosessin seuraavaan vaiheeseen, palataanko takaisin edelliseen vaiheeseen tai lopetetaanko projekti. Lisäksi porteilla voidaan tarkastella tuotteen laatuun liittyviä asioita ja yrityskohtaisesti voidaan luoda haluttuja kriteerejä. (Cooper 2000, 6; Tuotteistamiskäsikirja 2007, Porttikatselmukset.)

Monilla yrityksillä on käytössä yleiseen vaihe-portti-prosessimalliin pohjautuva muunneltu tuotekehitysprosessi. Muuntelulla saavutetaan se etu, että käytettävä prosessimalli vastaa tällöin parhaiten juuri kyseisen yrityksen tarpeisiin tuotekehitysprosessissa. Valtralla on käytössään AGCO:n AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi, joka on perinteinen vaihe-portti-prosessi.

3.6.3 AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi

Valtralla on käytössä AGCON oma AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi. (Ks. Kuvio 20).

Prosessi on perinteinen vaihe-portti-prosessi.



Kuvio 20. AGCON AMPIP 2.1 -tuotekehitysprosessi (AMPIP 2.1 2012, Valtran sisäinen materiaali)

Valtralla tuotekehitysprosessin eri vaiheissa kokoonpanoilta vaaditaan eri asioita.

Karkeasti voidaan sanoa, että mitä pidemmälle tuotekehitysprosessi etenee ja mitä enemmän resursseja siihen käytetään, sitä tarkempia kokoonpanoja tarvitaan.

Tuotekehitysprosessi voidaan ajatella alkavaksi vasta konseptointivaiheessa, jossa varsinaisen tuotteen hahmottelu alkaa. Tästä vaiheesta eteenpäin myös

kokoonpanot ovat osa tuotekehitysprosessia. Konseptointivaiheessa tarvittavat kokoonpanot ovat monesti vielä karkeahkoja ja päätasoittain sekä osa-

aluekohtaisesti jaoteltuja. Suunnitteluvaiheessa kokoonpanojen tarkka esitys on jo tarpeellinen. Siinä kokoonpanoista on syytä käydä selville niiden hierarkia ja

modulointi. Suunnitteluvaiheen edetessä ja valmiiden moduulien lisääntyessä

kokoonpanojen tarkkuus kasvaa koko ajan, mikä mahdollistaa entistäkin tarkemman ja lopullisemman suunnittelun. Hyvä tavoite olisi pystyä tekemään enemmän alussa,

jolloin voitaisiin keventää lopussa. Kokoonpanojen osalta tämä tarkoittaa sitä, että

mitä aikaisemmin tarkemmat kokoonpanot saataisiin käyttöön, sitä nopeammin

suunnitteluvaihe saataisiin vietyä loppuun. (Puurtinen 2014, 11–13; Puurtinen 2015.)

3.7 Globaali tuotekehitys

Ennen on suosittu paljon paikallisia tuotekehitystiimejä, joissa yrityksen eri toiminnot tekevät yhteistyötä. Nämä paikalliset tuotekehitystiimit ovat sijainneet pää-

sääntöisesti lähemmäksi toisiaan jopa samassa rakennuksessa. Lisäksi ne ovat sijoitettu

yleensä tuotantolaitosten yhteyteen. Tällöin niiden työskentely on voinut olla

rinnakkaista aina asiakastarpeiden selvityksestä tuotekehitysprosessin loppuun saakka. Tämän rinnakkaisen työskentelyn tuloksena on saavutettu muun muassa parempi tuotteen suunnittelu, lyhyempi prosessin läpäisy aika ja edullisemmat tuotantokustannukset. (Eppinger & Chitkara 2006, 22.)

Tämän päivän tuotekehitys on jakautunut ja verkostoitunut ympärimaailman. Tämän on mahdollistanut pitkälle kehittynyt digitaalinen tuotekehitys. Ilmiöstä käytetään termiä globaali tuotekehitys. Globaali tuotekehitys yhdistää toisistaan erilleen hajautuneet toiminnot ympäri maailman osaksi samaa tuotekehitystoimintoa. Globaali tuotekehitys ei tarkoita pelkästään yrityksen sisäistä globalisoitumista vaan kyse voi olla myös globaalista ulkoistamisesta. Globaalilla tuotekehityksellä saavutettavia etuja ovat muun muassa

- suunnittelun kustannustehokkuus (mahdollista hyödyntää halvempia resursseja)
- kansainvälisen teknisen osaamisen hyödyntäminen
- tuotteen suunnittelun kohdentaminen globaaleille markkinoille
- suunnitteluun käytettävissä olevien tuntien määrä vuorokautta kohden kasvaa
- paremmat resurssien kohdentamismahdollisuudet. (Eppinger & Chitkara 2006, 22–23; Anshuman & Eppinger 2007, 1–3.)

Globaalista tuotekehitystoiminnasta seuraa myös haasteita. Yleisiä haasteita ovat muun muassa tuotekehityksen ja tuotteen elinkaaren hallinta, jotka johtuvat tuotekehitystiimin kasvamisesta. Tuotekehitystiimin kasvaminen ei rajoitu ainoastaan osaston rajat ylittävään kasvamiseen vaan kasvua tapahtuu muun muassa yritys, kulttuuri, kieli ja aikavyöhyke rajoja ylittäen. Aberdeen Groupin (2005, 4) tekemässä tutkimuksessa käy ilmi globaalissa tuotekehityksessä mukana olleiden yritysten mielestä viisi isointa haastetta, jotka esiintyvät globaalissa tuotekehityksessä:

- teollisuus- ja tekijänoikeussuojaukset
- hajautetun suunnittelun yhdenmukaistaminen
- muutosten hallinta hajautetuissa tuotekehitystiimeissä

- yhteistyökumppaneiden kanssa rajoitettu infrastruktuuri
- yhtiötuntemuksen säilyttäminen.

AberdeenGroupin (2005, 8) sekä Eppingerin ja Chitkaran (2006, 29–30) tutkimuksissa on todettu, että edellä esitettyjä haasteita sekä uhkia hallinnoidaan pääsääntöisesti samoilla toimintotapojen muutoksilla kuin paikallisesti tapahtuvassa tuotekehityksessä. AberdeenGroupin tutkimuksessa mukana olleiden yritysten mielestä ylivoimaisesti tärkein globaalinen tuotekehityksen kehittämistoimi on tuotekehitysprosessin standardisointi eri yksiköiden välillä. Tällöin voidaan olla varmoja, että eri puolilla maailmaa olevissa yksiköissä tehtävät hoidetaan samalla tavalla. Tämän lisäksi tutkimuksissa esille tulleita kehittämistoimia ovat

- suunnittelutyökalujen standardisointi
- suunnittelutiedon ja työnkulun synkronointi
- prosessin hallinnoinnin kehittäminen
- prosessien muodollinen arvostelu tai hyväksyminen
- muutoksen hallinnan tarkastaminen
- tuotteen ja prosessin modulointi
- ydin osaamisen hahmottaminen
- yhtenäisen infrastruktuurin luominen.

Lisäksi globaalia tuotekehitystä ja sen kehittämistä mietittäessä on huomioitava se, onko kyseessä yrityksen tuotekehityksen globaali ulkoistaminen vai yrityksen sisäinen laajentuminen globaalisti. Nämä vaikuttavat siihen, mitä kehitystoimia globaalissa tuotekehityksessä kannattaa tehdä.

3.8 Suunnittelumenetelmät

Top-down ja Bottom-up ovat suunnittelumenetelmiä, joita käytetään tietoisesti ja osittain tiedostamatta tehtäessä suunnittelutyötä. Niitä voidaan käyttää puhtaasti erikseen tai sitten voidaan käyttää niiden kombinaatioita. Niiden tarkoituksena on ohjata suunnittelutyön johdonmukaisuutta.

3.8.1 Bottom-up-menetelmä

Bottom-up-menetelmä on perinteinen suunnittelumenetelmä. Siinä ensin suunnitellaan ja mallinnetaan osat, jonka jälkeen ne lisätään kokoonpanoon, johon ne paikoitetaan käyttämällä liitoksia. Osiin tehtävät muutokset tehdään jokaiseen osaan erikseen ja sen jälkeen ne näkyvät kokoonpanossa. Bottom-up-suunnittelumenetelmä on hyvä tapa suunnitella vakio-osia kuten hihnapyöriä ja moottoreita sekä osia, joiden muodon ja koon ei tarvitse muuttua muiden osien muuttuessa. Kokoonpanojen kasvaessa menetelmästä tulee työläs ja vaikea hallita, sillä jokainen osa on muutettava erikseen. (Design Methods (Bottom-up and Top-down Design) n.d.)

3.8.2 Top-down-menetelmä

Top-down-menetelmä on nykyään paljon käytetty suunnittelumenetelmä. Siinä perusajatuksena on, että osat suunnitellaan suoraan kokoonpanoon, jolloin ympäröivät osat määrittävät suunniteltavan osan koon, muodon ja sijainnin. Tällä menetelmällä suunnitellut osat ovat toisistaan riippuvaisia ja parametrisia, jolloin yhden osan mittojen muuttaminen muuttaa siihen liittyviä osia. Menetelmä on alussa isotöisempi kuin edellä esitelty Bottom-up-menetelmä, mutta mahdollisten osien muutostarpeiden osuessa kohdalle on työmäärän säästö merkittävä. Menetelmän haasteena on se, että tuotteesta on oltava selkeä näkemys jo suunnittelua aloitettaessa, jotta osien paikoitukset ja ylätasojen luominen onnistuvat. Yksi tämän menetelmän sovelluskohde on ns. skeleton-mallinnus, jossa lopputuotteen kokoonpanosta tehdään suunnittelun alussa parametrinen ohjausmalli. (Design Methods (Bottom-up and Top-down Design) n.d.)

4 Työpiirustukset

Piirustuksien avulla arkistoidaan suunniteltavan osan geometrinen muoto, jotta se osataan valmistaa. Lisäksi piirustuksen tarkoitus on olla kommunikointivälineenä suunnittelijoiden ja tuotantohenkilökunnan välillä, tukea analyysiä ja sisältää valmistettavan osan kaikki mitat, jolloin voidaan olla varmoja, että osa on halutunlainen. (Hietikko 2008, 130.)

Piirustuksissa on yleisesti ottaen liian paljon puutteita, sillä erään tutkimuksen mukaan valmistettavista osista jopa 60 % valmistetaan eri tavalla kuin suunnittelija oli sen suunnitellut. Syitä tähän olivat muun muassa piirustuksissa olevat virheet, se, että osan valmistustapaa ei ollut huomioitu, piirustus on liian monimutkainen ja osien asennusta ei ole otettu huomioon niitä suunniteltaessa. Tämän takia piirustuksissa tulisi hyödyntää koneenpiirustuksen standardien mukaisia esitysmuotoja, jolloin ne ovat luettavissa ympäri maailman. (Hietikko 2008, 131.)

4.1 Osapiirustukset

Piirustuksia tehdään osatasolta aina kokoonpanotasolle asti, joten piirustuksia on kahdenlaisia: osa- ja kokoonpanopiirustuksia. Osapiirustuksessa esitetään osan geometrinen muoto, mitat ja toleranssit. Lisäksi osapiirustuksissa otetaan kantaa osan valmistuksessa käytettäviin valmistusmenetelmiin ja niiden hyödyntämiseen. Osapiirustukset koostuvat projektioista. Piirustuksessa on yleensä pääprojektiio ja sivuprojektioita tarvittava määrä. Suomessa sivuprojektioit muodostetaan pääprojektiosta yhdenkäännönmenetelmällä standardin SFS-EN ISO 5456-2 mukaisesti. (SFS-EN ISO 5456-2, 2000, 2–3.)

Osan mitoitetaan näihin projektioihin, ja se tehdään mahdollisimman yksikäsitteisesti ja standardin mukaisesti. Piirustuksissa esiintyvät mitat jaetaan 4-ryhmään: toiminnalliset mitat, lujuusmitat, valmistusmitat ja riippumattomat mitat. (Hietikko 2008, 133.)

Toiminnalliset mitat ovat nimensä mukaisesti osan toimintaan keskeisesti vaikuttavia mittoja. Toiminnalliset mitat päätetään yleensä jo suunnittelun alkuvaiheessa. Hyvä

esimerkki osan toiminnallisesta mitasta on kiinnitysreikien välinen mitta, joka pitää olla oikein, jotta osa voidaan kiinnittää. Osan toiminnallisuuden takaamiseksi toiminnalliset mitat yleensä toleroidaan, jotta osa voidaan valmistaa toimivaksi. (Hietikko 2008, 133.)

Lujuusmitat määräytyvät analyysien perusteella niin, että osa säilyttää toimintakykynsä äärimmäisissä rasitusolosuhteissa. Lujuusmitat ovat tämän vuoksi kriittisiä muun muassa turvallisuuden takia ja niitä ei siksi saa muuttaa ilman uutta analyysiä. (Hietikko 2008, 133.)

Valmistusmittoihin vaikuttaa standardien mukaiset valmistusmenetelmät ja niiden vakiomittaiset työkalut (porat, kalvaimet, jyrsimet, jne.). Kuljetus- ja siirtokaluston sekä työstökoneiden mitat aiheuttavat rajoituksia valmistettavilla ja kuljetettaville osille. (Hietikko 2008, 133.)

Riippumattomat mitat ovat esimerkiksi osan muotoiluun vaikuttavat mitat. Ne voidaan valita vapaasti. Mittojen valinnassa tulisi kuitenkin ottaa huomioon, että ne olisivat sellaisesta lukusarjasta, joka on standardoitu tiettyjen porrastusten väliin. Toimien tällä tavoin estetään mittojen mielivaltaistuminen ja säilytetään järjestys. (Hietikko 2008, 133.)

Piirustuksessa olevaa osaa ei voida valmistaa täsmälleen tiettyyn mittaan, vaan mitoille sallitaan jokin tiettypoikkeama, jolloin se on vielä kuitenkin toiminnallisesti toimiva. Tällöin taataan se, että alkuperäisen osan tilalla sopiva varaosa voidaan valmistaa eri aikana tai jopa erivalmistajan toimesta. Mittojen sallitut poikkeamat esitetään toleransseilla. Nykyään yleisin käytössä oleva toleranssijärjestelmä on ISO-toleranssijärjestelmä. (Hietikko 2008, 134.)

Piirustuksissa käytettäviä toleransseja on esimerkiksi työtapakohtaiset toleranssit, reikätoleranssit ja geometriset toleranssit. Työtapakohtaiset toleranssit määräytyvät nimensä mukaisesti sen mukaan, kuinka osa valmistetaan (esimerkiksi sorvaus, hionta, hoonaus). Reikätoleransseja käytetään reikien halkaisijoiden toleroimiseen. Niiden avulla reikien ja akseleiden välillä voidaan tehdä haluttu sovite. Geometriset toleranssit taas määräävät osan pintoja ja akseleita koskevia mittoja ja vaatimuksia.

Esimerkkinä geometrisesta toleranssista voi olla pinnan kohtisuoruus vaatimus tiettyyn pintaan nähden.

4.2 Kokoonpanopiirustukset

Kokoonpanopiirustus kertoo kokoonpanon kokoamisjärjestyksen ja esittelee kokoonpanoon kuuluvat osat ja komponentit. Kokoonpanopiirustuksia voidaan tehdä loppukokoonpanoista tai osakokoonpanoista. Riippumatta siitä kumpia tehdään, noudattavat ne samoja teknisenpiirustuksen perussääntöjä. (Hietikko 2008, 134.)

Loppukokoonpanopiirustuksissa esitetään, miten tuote kootaan lopulliseen muotoonsa. Osakokoonpanossa taas kerrotaan, kuinka esimerkiksi moduloidun tuotteen, jokin moduuli kootaan ennen kuin se asennetaan lopulliseen tuotteeseen. Loppukokoonpanopiirustus voi siis sisältää myös osakokoonpanoja.

Kokoonpanopiirustuksissa esitetään tuotteen pää- ja liitännämitat. Tällöin mittoja ei tarvitse etsiä erikseen osapiirustuksista. Lisäksi työkalujen ja kuljetusvälineiden valinta kokoonpanoa tehdessä helpottuu. Kokoonpanopiirustuksissa on yleensä myös osanumerointi ja osaluettelo. Osat numeroidaan yleensä siihen järjestykseen, jossa ne liitetään kokoonpanoon. Näin ollen on helppo suunnitella tuotteen kokoonpanoja jo pelkän kokoonpanopiirustuksen avulla. (Hietikko 2008, 134.)

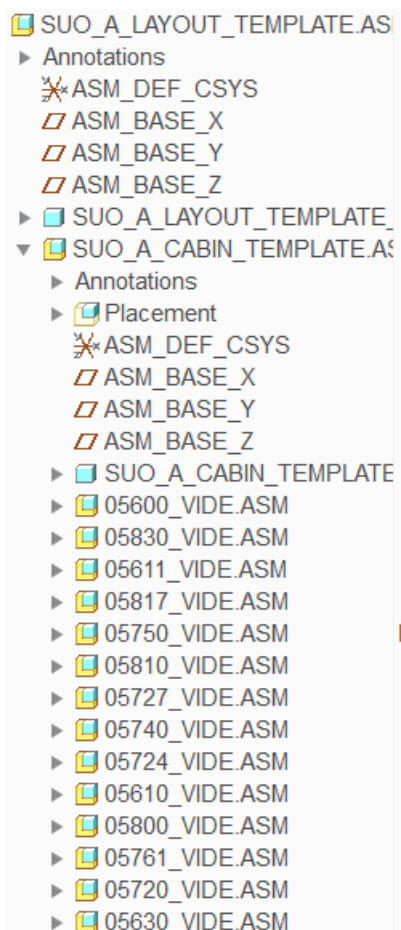
Valtralla noudatetaan työpiirustuksissa standardeja soveltuvin osin. Työpiirustusten määrä Valtralla on suuri ja jo yhtä projektia kohden niitä tulee paljon. Tämän takia on tärkeää, että piirustuksien teossa noudatetaan yhteisiä toimintatapoja, joilla piirustukset tehdään, jotta ne ovat selkeitä, luettavia ja niissä on kaikki tarpeellinen informaatio. Tämän takia piirustusohjeessa on otettu huomioon edellä esitettyjä huomioita ja tarpeita, joita piirustuksia tehdessä tulisi huomioida.

5 Drive-Itin kehitys

Osana työkoonpanojen hallinnan kehittämistä tehtiin Drive-Itin käyttöliittymään ja Suolahdessa käytössä olevaan CAD BOMin runkoon muutoksia, joilla haettiin niiden tarkoituksenmukaisempaa toimintaa. Tässä osiossa määritetään Drive-Itin käyttöliittymään ja sen käyttämään CAD BOMin runkoon tehtävät muutokset. Ohjelmistollisen kehittämisen eli Drive-Itin käyttöliittymään kohdistuvat muutokset toteutti MP Soft ja CAD BOMin rungon muutokset tehtiin Suolahdessa.

5.1 CAD BOMin kehitys

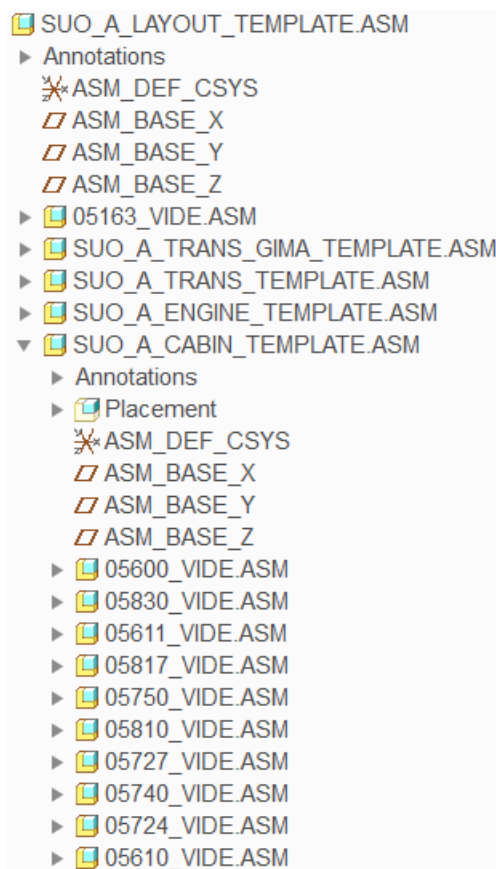
Drive-Itillä tapahtuvan työkoonpanojen hallinnan kehittäminen aloitettiin miettimällä, miten Drive-Itillä tapahtuvaa työkoonpanojen hallintaa voidaan kehittää? Isoin kehitystarve, joka tuli esille oli työkoonpanojen avaaminen ilman paikoitusketjun noudattamista, kuten ACL:ssä. Varsin nopeasti kuitenkin kävi ilmi, että työskenneltäessä Beauvais'n tuotekehitysyksikön toimintatavoilla ei paikoitusketjun noudattamista voida poistaa työkoonpanojen luomisesta, koska group unitit on suunniteltu paikoittautumaan oikein sen mukaisesti. Tämän seurauksena CAD BOMin (Ks. Kuvio 21) sisältämien group unitien paikoitus haluttiin muuttaa vastaamaan paikoitusketjun rakennetta. Tämän myötä myös CAD BOMin runkoa jouduttiin muuttamaan, jotta group unitit saatiin sijoitettua toisiinsa nähden rakenteellisesti oikein paikoitusta varten. CAD BOMin rungolla tarkoitetaan tässä kohdassa Creossa olevan tyhjän kokoonpanon rakennetta, jonka pohjalta Drive-Itillä luodaan työkoonpanoja.



Kuvio 21. Suolahdessa käytössä oleva CAD BOMin runko

Paikoitusketju lähtee liikkeelle ns. template group unitista, joka sisältää ainoastaan koordinaattipisteet, joihin siihen liittyvät group unitit paikoittautuvat. Näitä ns. template group uniteja on aina yksi yhtä runkoa kohden, ja ne on paikoitettu traktorin origoon. Myös tämän takia sitä voidaan pitää traktorin CAD BOMin perustana. Näistä syistä tämä ns. template group unit nostettiin pääryhmästä CAD BOMin päätasolle. CAD BOMin sisältämät pääryhmät on jaoteltu pääsääntöisesti jo valmiiksi sen mukaisesti, kuinka ne paikoitusketjussa sijoittuvat. Pääryhmien ensimmäiset group unitit ovat niitä group uniteja, jotka paikoittautuvat template group unitin koordinaattipisteisiin. Loput pääryhmien group unitit paikoittautuvat näihin pääryhmien ensimmäisiin group uniteihin paikoitusketjun mukaisesti. Transmission GIMA- ja Transmission Valtra -pääryhmät poikkeavat muista pääryhmien paikoitusrakenteista. Transmission GIMA -pääryhmän kaikki group unitit paikoittautuvat kokoonpanon origoon, koska ne on mallinnettu suoraan oikeille paikoilleen origoon nähden. Transmission Valtra -pääryhmässä kaikki sen sisältämät group unitit paikoittautuvat suoraan CAD BOMin ylätasolla olevaan template group

unitiin. Tämä johtuu siitä, että template group unit on laitettu osaksi voimansiirtoa, mutta sen ollessa myös perusta koko traktorin paikoitusketjulle on se järkevämpää sijoittaa päätasolle. CAD BOMin muuttaminen paikoitusketjua vastaavaksi tarkoittaa sitä, että päätasolla ja pääryhmissä olevat skel partit voidaan poistaa, sillä niitä ei enää tarvita group unitien paikoittamiseen. Tämä selkeyttää ja yksinkertaistaa CAD BOMin runkoa ja sen paikoituksen rakennetta. Kuviossa 22 on nähtävillä meneillään olevan globaalien tuotekehitysprojektin yhteydessä Suolahdessa käytettävä uusi CAD BOMin runko.

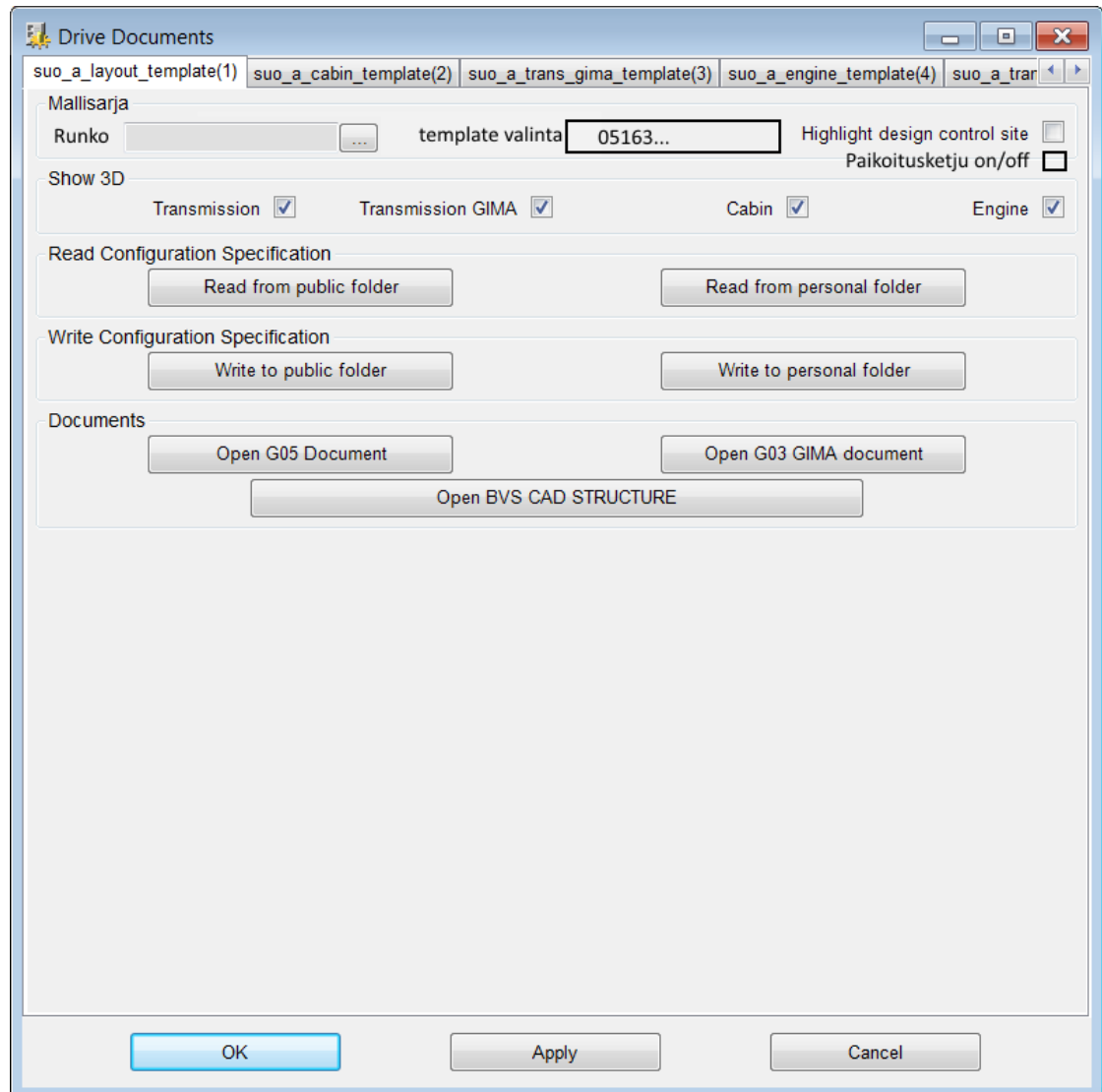


Kuvio 22. Uuden CAD BOMin runko

Lisäksi CAD BOMin rungon päivityksen yhteydessä havaittiin, että kahdesta pääryhmästä puuttui groupeja, joten ne lisättiin pääryhmiin. Myös muiden pääryhmien groupit ja niiden group unitit tarkistettiin puutteiden varalta.

5.2 Käyttöliittymän kehitys

Drive-Itin käyttöliittymän kehitystarve perustui osittain CAD BOMin runkoon tehtyihin muutoksiin ja osittain Drive-Itin käytettävyyden parantamiseen. Käyttöliittymään halutut muutokset luonnosteltiin aluksi vanhan käyttöliittymän päälle käyttäen kuvankäsittelyohjelmistoa (Ks. Kuvio 23).

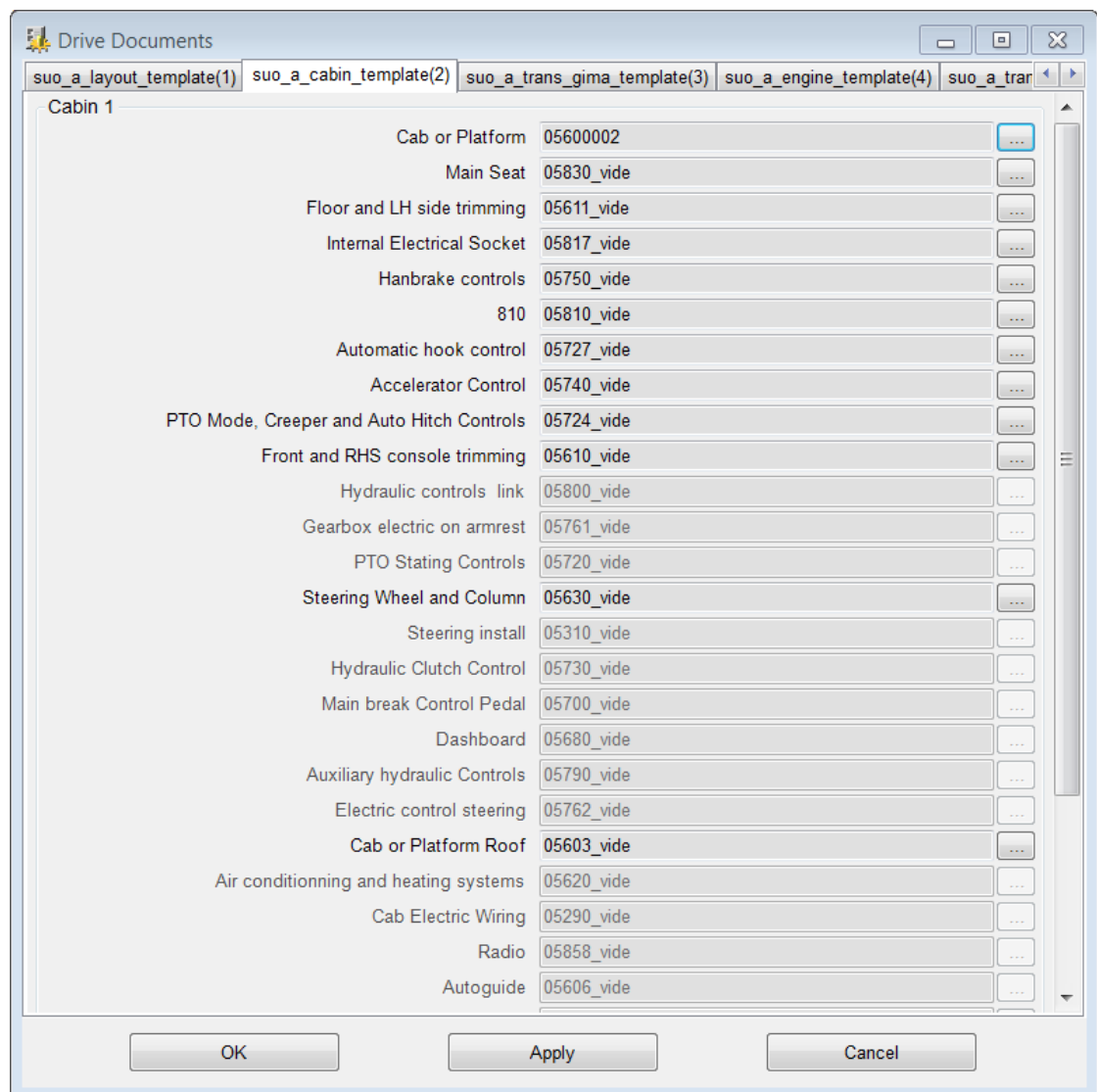


Kuvio 23. Uuden käyttöliittymän luonnos

Kuten kuviosta 23 nähdään, eivät Drive-Itin käyttöliittymän päävalikkoon kohdistuneet kehitystarpeet olleet isoja, mutta ne vaikuttivat Drive-Itin käyttöön sitäkin enemmän. Template group unitin valinta tuotiin käyttöliittymän päävalikkoon kahdesta syystä: se on koko paikoituksen ja CAD BOMin kannalta tärkein group unit ja se valitaan ensimmäisenä työkokoonpanoon, kun suunnittelija valitsee, mihin

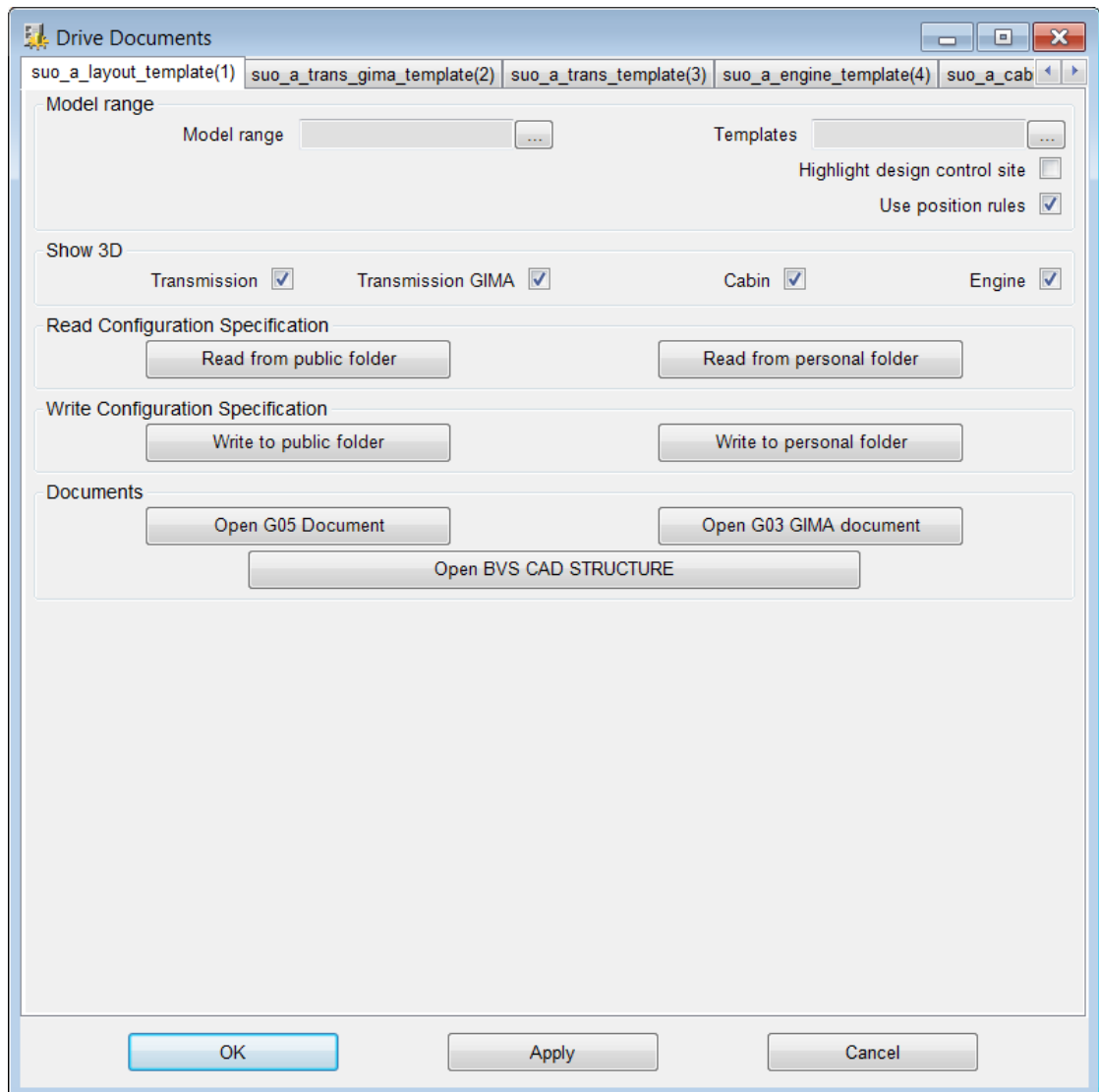
runkoon hän työskentelee. Suunnittelijan tekemä runkovalinta voidaan tehdä joko valitsemalla traktorin runko, jolloin valitun rungon template group unit valikoituu automaattisesti, tai valitsemalla suoraan jokin template group unit. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa suunnittelijan tulee tietää, että mikä template group unit vastaa mitäkin runkoa, että group unitit paikoittautuvat oikein.

Drive-Itissä on myös toiminto, joka ohjaa paikoitusketjun noudattamista (Ks. Kuvio 24). Se toimii niin, että työkokoonpanoon tulevia group uniteja voi valita vain siinä järjestyksessä, jossa ne ovat paikoitusketjussa. Suunnittelijan valittua group unitin Drive-It aktivoi muut siihen liittyvät group unitit valittaviksi. Group unitit, joita ei voi valita, näkyvät käyttöliittymässä harmaana.



Kuvio 24. Paikoitusketjun ohjaustoiminto

Käyttöliittymän päävalikkoon lisättiin valinta, jolla paikoitusketjun ohjaustoiminto saadaan tarvittaessa pois päältä. Tämän avulla voidaan avata myös yksittäisiä group uniteja tarkastelua varten ilman koko paikoitusketjun avaamista. Kuviossa 25 on nähtävissä päivitetyn käyttöliittymän päävalikko.



Kuvio 25. Uuden käyttöliittymän päävalikon toteutus

Käyttöliittymässä olevassa Transmission GIMA -pääryhmän välilehdellä groupit olivat ennen sekalaisessa järjestyksessä. Groupien lukumäärän ollessa yli 40 oli tietyn groupin etsiminen listalta turhauttavaa. Tämän vuoksi tekstitiedostoa, josta Drive-It lukee Transmissio GIMA -pääryhmän groupit ja niiden group unitit, muokattiin niin, että groupit ovat käyttöliittymässä group-numeroiden mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Tällä tavoin säästytään turhautumisilta ja Drive-Itin helppokäyttöisyys

lisääntyi. Näiden muutosten lisäksi Drive-Itissä olevien group unitien valintalistat päivitettiin vastaamaan jaettuja group uniteja.

6 Kokoonpanojen hallinnan kehittäminen globaalissa tuotekehitysprojektissa

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa AGCO:n eri tuotekehitysyksiköt työskentelevät yhdessä. Projektissa ei ole käytössä AGCO:n sisäisiä yhteisiä toimintatapoja, vaan käytettävä toimintatapa on AGCO:n Beauvaisin tuotekehitysyksikön. Toimintatapa on kuvattu tämän opinnäytetyön nykytilaan perehtymisen yhteydessä. Tässä osiossa otetaan kantaa siihen, kuinka kokoonpanojen muuta hallintaa kuin Drive-Itillä tapahtuvaa työkokoonpanojen hallintaa tulisi kehittää ja hallita projektia ajatellen.

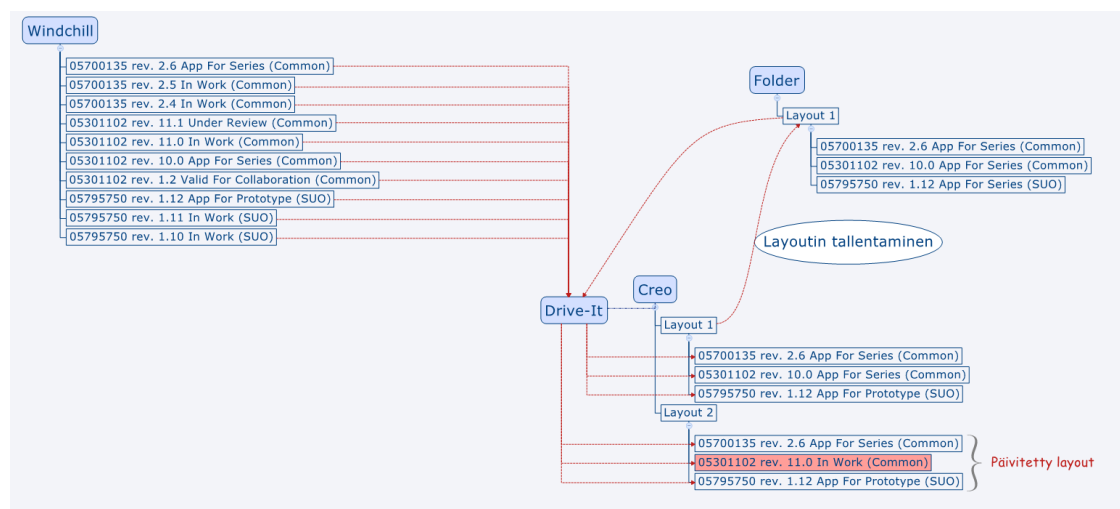
6.1 Group unitien eri statusten hallinnointi

Opinnäytetyön aikana isoimpia ongelmia kokoonpanojen hallinnassa globaalissa tuotekehityksessä olivat yksiköiden väliset erot suunnitteluprosessissa etenemisessä ja osittain siitä aiheutuvat group unitien eri statusten aiheuttamat ongelmat. Ongelmat ilmenivät työkokoonpanojen ja jo jaetun protoyksilön, CAD BOMin, muutoksina. Syynä ongelmiin olivat CAD BOMeissa olevien yhteisten osien päivittyminen, kun jokin toinen tuotekehitysyksikkö oli edellä suunnitteluprosessissa. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että kun CAD BOMissa käytetään yleensä latest-versiota CAD-mallista, joka pitäisi tuotantoon jaettaessa olla joko Approved For Prototype- tai Approved For Series -tilassa, niin tuotekehitysyksikkö, joka on jo suunnitteluprosessin seuraavassa vaiheessa, onkin päivittänyt group unitin jo In Work -tilaan, jolloin sen jakaminen ei enää onnistu. Tämä tarkoittaa samalla myös sitä, että In Work -tilassa olevan group unitin 3D-malliin tehtävät muutokset tulevat näkyviin protoyksilön CAD BOMiin ja työkokoonpanoihin, joissa se on käytössä, mutta joissa kuitenkin tarvitaan vielä aiemman suunnitteluvaiheen muita group uniteja. Tämän ongelman takia syntyi tarve pystyä sisällyttämään CAD BOMiin niin latest- kuin latest stored -versioita, jotka voivat olla kaikissa mahdollisissa statuksissa

(In Work, Under Review, Valid For Collaboration, Approved For...) sekä Approved For Prototype tai Approved For Series, jotka ovat jotain muuta kuin latest-versioita. Lisäksi tarpeeksi muodostui protoyksilön CAD BOMin jäädyttäminen, niin ettei se muutu kuin haluttaessa.

Tarpeeseen lähdettiin kehittämään ratkaisua ensin natiivin ratkaisun kautta, jolloin eri statusten hallinta olisi tapahtunut käytännössä Creolla. Tämä olisi kuitenkin tarkoittanut sitä, että kaikki yhden group unitin versiot olisi pitänyt ladata ensin Windchillistä workspaceen. Tämän jälkeen olisi pitänyt yksitellen käydä valitsemassa, missä statuksessa olevan group unitin kokoonpanoon haluaa. Kun otetaan vielä huomioon, että kaikkia mahdollisia group uniteja on paljon, niin natiivista hallintatavasta olisi syntynyt iso määrä lisätyötä, ja sillä olisi lähes mahdoton hallita kokoonpanoja. Tämän vuoksi alettiin ideoida Drive-Itin hyödyntämistä tässä tehtävässä.

Ratkaisuksi ongelmiin ideoitiin Drive-Itin hyödyntämistä. Ajatuksena oli kehittää Drive-Itiä niin, että sillä voitaisiin tehdä työkokoonpanoja ja protoyksilöiden kokoonpanoja ottaen huomioon group unitien eri statukset. Ideoidulla ratkaisulla voitaisiin myös jäädyttää protoyksilöiden CAD BOMEja. Idean toteutuksesta luotiin tietomalli, joka kuvaa kokoonpanojen luomisen ja päivittämisen (Ks. Kuvio 26).



Kuvio 26. Eri suunnitteluvaiheissa olevien group unitien hallinnan tietomalli

Tietomalli ja idea esiteltiin MP Softille yhteisessä Drive-It palaverissa. Palaverissa sovittiin, että MP Soft selvittää tarkemmin mahdollisuutta ideoituun toteutukseen.

Käyttöliittymän kannalta idea on mahdollista toteuttaa, mutta selvitettäväksi jäi, aiheuttaako Creo tai Windchill joitakin rajoitteita kyseiselle toiminnolle.

6.2 Globaalin tuotekehityksen toimintatapojen kehittäminen

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa olisi käytettäviä toimintatapoja tärkeää pystyä yhtenäistämään eri tuotekehitysyksiköiden välillä. Tämä pitäisi sisällään muun muassa suunnittelutyön yhden aikaistamisen. Lisäksi pitkän aikavälin toimenä olisi yhteisten rakenteiden kuten EBOM ja CAD BOM luominen, tai ainakin niiden saattaminen lähemmäksi toisiaan, jolloin niiden välinen tiedonkulku saataisiin paremmaksi. Edellisessä luvussa esitettyjen ongelmien perimmäiset syyt ovat globaalissa tuotekehityksessä ja tarkemmin sanottuna sen tuotekehitysprosessin toimintatavoissa. Ongelmat ovat pohjimmiltaan samoja kuin luvussa 3.7 on esitetty. Tällöin on myös selvää, että ongelmiin ja niiden syntyyn voidaan vaikuttaa samoilla toimilla kuin edellä mainitussa luvussa on kuvattu.

Yksiköiden eriaikainen eteneminen suunnitteluprosessissa voidaan estää esimerkiksi synkronoimalla suunnittelutyön kulku eri tuotekehitysyksiköiden välillä. Tämä olisi tärkeä toimi toteuttaa, sillä silloin säästyttäisiin ongelmilta, joita tässäkin tapauksessa on muodostunut johtuen juuri vääränlaisesta eriaikaisesta suunnittelusta. Toinen merkittävä toimi on varmistaa, että eri tuotekehitysyksiköiden suunnittelijoilla on käytössään ajantasainen suunnittelutieto, jota käyttää työkokoonpanossa. Tämä nopeuttaa suunnittelutyötä kun tehdään kerralla oikein- mentaliteetilla eikä muutoksien tekoon tarvitse käyttää niin paljon aikaa. Näiden asioiden rinnalla yksi ehdottomasti tärkein kehitystoimi on, niinkin yksinkertainen kuin kommunikoinnin parantaminen. Kommunikoinnilla saadaan välitettyä parhaiten tietoa eri yksiköiden välillä, jos käytettävä järjestelmä ei tue tämän tiedon välittämistä. Kommunikointi voi tapahtua esimerkiksi sähköpostilla tai puhelin palavereiden yhteydessä. Tämän tarpeen takana on se, että tieto muun muassa group uniteihin kohdistuvista muutoksista saataisiin kulkemaan yksiköiden välillä tarpeeksi aikaisessa vaiheessa, jolloin niiden huomioon ottaminen olisi vielä mahdollista. Kommunikoinnin huono puoli on, että se on muistettava tehdä. Suurin syy kommunikoinnin puutteelle

nimittäin on, että se unohdetaan. Windchill kuitenkin tukee muutostiedon välittämistä järjestelmän kautta, jolloin sitä kannattaa pyrkiä hyödyntämään globaalissa tuotekehityksessä. Windchillissä tämä muutostiedon tilaus tehdään Subscribe-toiminnolla. Toiminto toimii niin, että Windchillissä merkataan ne rakenteet, tasot tai group unitit, joiden muutoksia halutaan seurata. Muutoksen tapahtuessa eli version muuttuessa Windchillistä tulee automaattinen sähköposti ilmoitus, joka kertoo muun muassa tapahtuneen muutoksen laadun. Ajantasaisen suunnitteluympäristön hallintaan liittyy myös se, että jokaisen projektiin osallistuvan yksikön olisi lisättävä suunnittelemansa group unit interchange assembly -kokoonpanoon tarpeeksi ajoissa. Tällä tavoin työkokoonpanot saadaan pidettyä ajantasaisina koko suunnitteluvaiheen ajan.

Edellä mainitut toimet nopeuttaisivat ja yksinkertaistaisivat suunnittelutyön tekemistä globaalissa tuotekehityksessä, mutta myös kokonaisuutena katsottuna ne nopeuttaisivat suunnittelun osalta time-to-market-läpäisyä. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteet saataisiin markkinoille lyhyemmässä ajassa, jolloin myös ajankäytön kautta kohdistuneet kustannukset pienenisivät ja tuotteesta saataisiin kustannustehokkaampi.

7 Group unit -piirustusten ohjeistus

Meneillään olevassa globaalissa tuotekehitysprojektissa toimiminen Beauvais'n tuotekehitysyksikön toimintatavoilla aiheuttaa muutoksia myös piirustuksien tekotapaan. Uuden toimintatavan isoin vaikutus piirustuksien tekoon on, että ne tehdään käyttämällä Creoa. Tämän takia tarvitsi tehdä ohjeistus, kuinka Creossa luodaan group unit tason piirustuksia. Tavoite oli tehdä ohjeistus, jonka avulla suunnittelijat saavat luotua työpiirustukset heidän tuottamistaan group uniteista ja vietyä ne Windchilliin. Lisäksi Beauvais'ssa käytössä olevaan DNF-asennusdokumenttiin ja sen toteutukseen tuli tutustua. Piirustusohjeistus tehtiin Suolahden nykyistä tapaa mukailen, kuitenkin globaalien tuotekehitysprojektin tarpeet huomioiden.

Piirustusohjeistus (Liite 1) luotiin tukemaan suunnittelijoiden piirustusten tekoa Creolla. Piirustusohjeistuksen pohjalta suunnittelijoille pidettiin parin tunnin pituinen koulutus piirustusten teosta Creolla. Piirustusohjeistuksessa käsiteltiin piirustuksen tekemisen pelisäännöt aloittamisesta aina Windchilliin tallentamiseen saakka. Piirustusohje luotiin Valtran nykyistä tapaa mukailleen, jota käytettiin alkuvaiheessa työskennellessä Creossa.

Piirustusohjeistuksen tekeminen aloitettiin tutustumalla Valtran nykyiseen tapaan tehdä piirustuksia Catialla. Tutustuminen toteutettiin tutkimalla Atonissa olevia piirustuksia ja haastatteleamalla suunnittelijoita. Piirustusohje on jaettu neljään pääaihealueeseen: yleiset asiat, piirustuksen tekeminen, kokoonpanopiirustukset ja PDF:n luominen.

Yleiset asiat

Yleiseen osioon koottiin piirustuksen tekoon liittyviä yleisiä asioita, joita tulee ottaa huomioon, ja joita on hyvä tietää kun piirustusta aletaan tehdä. Osiossa käsiteltäviä asioita ovat muun muassa piirustuksen nimeäminen, kieli, kirjaimet, kuvantojen muodostaminen ja piirustusarkin tiedot. Noudatettaessa edellä mainittuja asioita taataan, että piirustuksen asetukset, yleisilme ja tyyli ovat halutunlaiset, jolloin ne ovat selkeitä lukea ja antavat näin ollen tarvittavan informaation valmistukseen.

Piirustuksen tekeminen

Piirustuksen tekeminen osiossa käydään läpi piirustuksen tekemisen aloittaminen ja itse tekemiseen liittyvät perus toiminnot. Lisäksi ennen piirustuksen aloittamista käydään lävitse materiaalin lisääminen ja parametrien täyttö 3D-malliin, jotta ne päivittyvät oikein piirustukseen sitä tehtäessä. Piirustuksen aloittamis-osuus aloitetaan ohjeistamalla piirustuksen tallentaminen ja sen vieminen Windchilliin, koska se on ensimmäinen asia, joka piirustukselle on tehtävä, jotta Windchillin parametrit päivittyvät siihen oikein. Itse piirustuksen tekemiseen liittyviä asioita ovat leikkausten teko, skaalauksien muuttaminen, muutostaulun täyttäminen, muutosnuolien lisääminen ja monisivuisten piirustusten luominen.

Kokoonpanopiirustus

Kokoonpanopiirustuksen tekeminen käsiteltiin ohjeistuksessa omana osanaan. Normaaliin kokoonpanopiirustukseen perusasioiden tekeminen kuten mittaviivojen laittaminen, muutostaulun täyttö ja muutosnuolien lisääminen tehdään samalla tavalla kuin edellä esitettyihin osapiirustuksiin. Kokoonpanopiirustuksen tekemisessä isoin huomio kiinnitettiin ympäröivien osien esittämisen ohjeistamiseen kokoonpanopiirustuksessa. Tämä sen takia, että Valtralla tätä käytetään paljon selkiyttämään kokoonpanopiirustuksia. Ympäröivien osien esittämisellä piirustuksessa saadaan havainnollistettu tehokkaasti asentoa ja sijaintia, johon piirustuksessa oleva kokoonpano tulee. Tätä toimenpidettä varten tehtiin varsin tarkka ohjeistus, sillä se on tärkeä ominaisuus piirustuksissa ja se ei ole suunnittelijoilla hallussa yhtä hyvin kuin Catiassa vastaavan tekeminen. Creossa ympäröivien osien esittäminen vaatii jonkin verran toimenpiteitä ja siksi se on kuvattu vaihe vaiheelta ohjeessa.

PDF:n luominen

PDF:n luominen piirustuksesta on tärkeää, koska piirustus tulostetaan PDF:stä, jotta se skaalautuu oikein tulostettavalla arkille. Lisäksi piirustus vietään Windchilliin PDF:nä, jolloin sen nimi täytyy olla nimikkeen mukainen.

Näiden asioiden lisäksi Creoon luotiin muun muassa hammastustaulukoita, muutosnuolia ja standarditekstejä, joita käytetään piirustuksia tehdessä. Muutosnuolet ja standarditekstit tehtiin Creoon symboleina, jolloin ne on helppo lisätä piirustukseen ja niissä muokattavina olevia tietoja ja kenttiä on näin ollen helppo hallita. Taulukkoja tehtiin sekä symboleina että taulukkoina Creon kirjastoon riippuen siitä, mikä taulukko oli kyseessä ja mikä sen käyttö tarkoitus on piirustuksessa. Taulukot ja symbolit lisättiin niille tarkoitettuihin kirjastoihin Creoon, joista niiden valinta listat aukeavat suoraan käytettäessä niiden taulukko- tai symbolikommentoa. Näiden valmiiksi luotujen taulukoiden ja symboleiden avulla piirustuksissa käytetään vain sallittuja merkintöjä ja ne pysyvät helposti luettavissa.

8 Jatkokehitystoimet

Opinnäytetyön aikana suoritettiin haastatteluita Valtran projekti-insinööreille ja jaoksien layoutvastaaville. Haastattelut olivat vapaamuotoisia ja niissä keskusteltiin kokoonpanojen hallintaan liittyvistä kehitystarpeista ja ongelmista. Haastatteluiden ja opinnäytetyön aikana tuli esille joitakin kehityskohteita, -suuntia tai ideoita, joita ei sisällytetty työhön niiden laajuuden, työn kannalta myöhäisen ajankohdan tai työn rajauksien takia. Näitä asioita ja niihin liittyvää pohdintaa käydään läpi tässä osiossa. Lisäksi työssä tehtyjä kehitystoimia on mahdollisuus jatkokehittää tulevaisuuden tarpeita varten.

8.1 Drive-Itillä tapahtuva kokoonpanojen hallinta

Drive-Itin kehitystyö saatiin hyvälle mallille opinnäytetyön aikana. Siinä on kuitenkin tulevaisuutta ajatellen vielä kehitettävää. Drive-Itin tämän hetkisen version käyttöönotto on työn jälkeisistä tehtävistä ensimmäinen. Käyttöönotto tulisi suorittaa koulutuksien ja tietoisukujen pohjalta sillä Drive-It on valtaosalle suunnittelijoista tuntematon ohjelmistotyökalu. Tällöin saadaan havainnollistettua sen parhaat puolet kokoonpanojen hallinnassa ja varmistutaan siitä, että suunnittelijat omaksuvat sen käytön osana suunnittelutyötä. Osa Drive-Itin varsinaisista kehitystoimista voidaan suorittaa meneillään olevan globaalin tuotekehitysprojektin tarpeisiin ja osa myöhempään globaalin tuotekehityksen tarpeisiin. Nykytilan kuvauksessa käsitelty Suolahden tuotekehitysympäristö ja siinä tapahtuva nykyinen kokoonpanojen hallinta on hyvä tavoite, johon Drive-Itillä tehtävässä kokoonpanojen hallinnassa kannattaa tulevaisuudessa pyrkiä. Kuitenkin tärkein tavoite on tarpeiden täyttäminen työkokoonpanojen hallinnan osalta, joka tulee pitää kirkkaimpana mielessä.

Tällä hetkellä Drive-Itissä suoritettavat group unit valinnat, vastaavat hyvin pitkälle ACL:n CAD-konfiguraattorin TR-moodilla tapahtuvaa työkokoonpanojen hallintaa, jossa valitaan super EBOMista avattavia moduuleja. Drive-Itin kehittäminen tästä kohti ACL:n CAD-konfiguraattorin Feature-moodia, eli kohti ominaisuuspohjaista kokoonpanojen hallintaa, on yksi jatkokehittämisen päätavoitteista. Tätä varten

Drive-Itin taustalle pitäisi luoda ominaisuuksien ja group unitien väliset säännöt ja riippuvuudet sekä lisätä käyttöliittymään ominaisuuksien valinta mahdollisuus. Ominaisuuspohjaista valintaa, mutta myös mallipohjaista valintaa varten Drive-Itin käyttöliittymään pitäisi lisätä group unitien kuvaukset näkyviin. Tällä hetkellä group unitit ovat pelkästään numeroita, jotka pitää vain tietää, että niitä voi valita. Kuvauksella helpotettaisiin tätä valintaa huomattavasti, kun kuvauksessa kerrottaisiin, että minkä variaation mikäkin group unit sisältää. Tämän lisäksi olisi tärkeää saada havainnollistettua eri yksiköiden suunnitteluvastuilla olevia osia kokoonpanoissa. Havainnollistaminen voitaisiin suorittaa esimerkiksi väreihin kokoonpanoissa ja symboleihin group unitien valintalistoihin.

Ennen ominaisuuspohjaiseen konfiguraattoriin pääsemistä voidaan Drive-Itiä ja kokoonpanojen hallintaa kehittää muilla tavoin. Yksi erittäin tärkeä kehityskohde on saada suunnitteluajaiset group unitit valittaviksi Drive-Itin valintalistoilta. Tähän ei liity pelkästään Drive-Itin kehittäminen, vaan huomioon on otettava myös se, miten suunnittelunaikaiset group unitit saadaan tietoon ja listattua, kun Beauvais'n tuotekehitysyksikkö jakaa vain Approved For Proto tai Approved For Series -tilassa olevia group uniteja. Huomioon on myös otettava, miten ja mihin tehdään listaus Suolahden vastuulla olevista group uniteista, jotta ne saadaan luettua Drive-Itin group unitien valintalistoilta. Tällä hetkellä Drive-Itillä on mahdollisuus tallentaa group unit valinnat, jotka sen käyttöliittymässä on tehty työkokoonpanoa varten. Jatkokehityksen tarve tallentamiselle on, että se onnistuisi suoraan Creosta. Kokoonpanon tallentaminen onnistuu kyllä jo nyt suoraan Creosta, mutta kokoonpanoa pitäisi pystyä muokkaamaan Drive-Itillä tallennetun kokoonpanon uudelleen avaamisen jälkeen. Tällöin suunnittelija voisi tehdä yhden työkokoonpanon ja tarvittaessa vaihtaa siinä olevia group uniteja. Yksi jatkokehitystoimi menee osittain edellä esitettyjen toimien jälkeiseen aikaan ja osittain niiden välissä tehtäväksi. Se on Drive-Itin toimintojen nopeuksien kehittäminen. Ohjelmistotyökalun kuten Drive-Itin yksi tärkeä ominaisuus on sen toimintojen nopeus. Lisättäessä Drive-Itin toiminnallisuuksia ja ominaisuuksia on samalla varmistettava, että sen toiminnot eivät hidastu vaan pysyvät nopeina suorittaa.

Edellä esitettyjen kehityskohteiden lisäksi iso kehitystavoite on saada super EBOM ja CAD BOM vastaamaan toisiaan, niin kuin ne vastaavat tällä hetkellä Suolahden tuotekehitysympäristössä. Tämä kehitystarve ei koske niinkään Drive-Itiä vaan Windchillissä ja Creossa olevia rakenteita. Saamalla super EBOM ja CAD BOM vastaamaan toisiaan niin kuin Suolahden nykyisessä tuotekehitysympäristössä, parannetaan sen avulla työkokoonpanojen hallinnan lisäksi isojen kokoonpanojen hallintaa. Lisäksi rakenteiden yhtenäistäminen mahdollistaisi sen, että samasta groupista voisi valita useamman group unitin samaan työkokoonpanoon. Tällä tavoin mahdollistettaisiin suunnittelijalle eri variaatioiden huomioonottaminen yhdessä työkokoonpanossa. EBOMia ja CAD BOMia ei tarvitse kerralla kehittää täysin yhtenäisiksi, vaan lyhyemmän aikavälin tavoita voisi olla osittaisen super EBOMin toteutus CADissä. Siinä tehtäisiin CAD BOM, johon lisättäisiin kahdesta kolmeen group unitia per group. Group unitien valinnat tekisivät jaoksien layoutvastaavat ja ne valittaisiin niin, että ne antaisivat tarpeeksi tietoa suunnittelijoiden suunnittelu-työhön. Tällä tavoin kriittisimmät variaatiot saataisiin samaan työkokoonpanoon samanaikaisesti. Tällä mahdollistettaisiin myös kokoonpanon avautuminen Creoon, sillä täyden super EBOMin kaltaisen CAD BOMin avaaminen on todella hidasta tai jopa mahdotonta tällä hetkellä Creossa.

Tähän ratkaisuksi voisi toimia CAD BOMin rungon toteutus skeletonin avulla, jolloin saataisiin hyödynnettyä Top-down-menetelmän (Desing Methods (Bottom-up and Top-Down Design) n.d.) hyviä puolia, kuten osien parametrisuus, hierarkkisuus ja hallittavuus. Tällöin avattaessa CAD BOMin rungon sisältävää kokoonpanoa ei Windchillistä latautuisi vielä mitään muuta kuin sen perustana oleva skeleton, joka avautuisi Creoon varsin nopeasti. Tämän jälkeen Drive-Itillä suoritettaisiin group unit valinnat, jonka perusteella valitut group unitit ladattaisiin Windchillistä Creoon. Tällöin voitaisiin myös mahdollistaa osittaisen super EBOMin toteutus CADissä, kun jokaiselle groupille ja sitä myötä group unitille olisi oma paikka kokoonpanossa. Lisäksi se mahdollistaisi osien avaamisen työkokoonpanoon ilman paikoitusketjun huomioon ottamista. Tällöin työkokoonpanoihin voitaisiin valita vain relevantit osat.

Kuten jatkokehitystarpeiden ja ideoiden määrästä nähdään, on globaalin tuotekehitysympäristön kokoonpanojen hallinta vielä alkutaipaleella. Kehitettävää riittää niin Drive-Itin, rakenteiden kuin toimintatapojenkin puitteissa. Tuotekehitys-

ympäristön kehittäminen on aikaa ja työtä vaativaa hommaa, joten sitä ei tehdä kerralla valmiiksi. Opinnäytetyön aikana kehitystyö saatiin kuitenkin hyvään vauhtiin ja sitä on hyvä jatkaa eteenpäin kohti tehokkaampaa kokoonpanojen hallintaa.

8.2 Globaali tuotekehitys

Globaali tuotekehityksen yleistymisen näyttää olevan tulevaisuuden suuntaus niin AGCOssa kuin muuallakin teollisuudessa. Tässä raportissa edellä esitetyt globaalin tuotekehityksen kehittämisehdotukset keskittyivät lähinnä Valtralla tällä hetkellä käytössä olevien globaalien toimintatapojen kehittämiseen. Tässä osiossa on tarkoitus pohtia niitä jatkokehitystoimia ja tarpeita, joita tulevaisuuden globaaleja tuotekehitysprojekteja varten olisi tarpeen tehdä ja ottaa huomioon.

Mentäessä kohti laajempaa globaalia tuotekehitystoimintaa on siinä käytettäviä toimintatapoja pystyttävä yhtenäistämään eri yksiköiden välillä. Lisäksi on kyettävä luomaan yhteisiä rakenteita ja yhden aikaistamaan suunnittelutyötä. Luvussa 6 esitettyjen ongelmien perimmäiset syyt ovat globaalissa tuotekehityksessä ja tarkemmin sanottuna sen tuotekehitysprosessin toimintatavoissa. Ongelmat ovat pohjimmiltaan samoja kuin AberdeenGroupin (2005, 4) yrityksillä teettämässä globaalia tuotekehitystä koskevassa tutkimuksessa kävi ilmi. Tällöin on myös selvää, että ongelmiin ja niiden syntyyn voidaan vaikuttaa samoilla toimilla kuin kyseisessä tutkimuksessa on esitetty.

Tähän perustuen yksiköiden eteneminen suunnitteluprosessissa pitäisi pystyä synkronoimaan. Synkronoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että yksiköiden suunnittelutyö etenee projektin aikana samaa tahtia, mutta hiukan eri eriaikaisesti. Tällöin ns. leading site voi olla se yksikkö, joka on muita edellä suunnitteluvaiheen toimissa ja suunnittelee jo esimerkiksi seuraavaan protoyksilön osia. Tällöin muilla yksiköillä on tarvittava työympäristö, kun ne siirtyvät suunnitteluvaiheessa eteenpäin. Tällä mahdollistetaan myös suunnittelun alussa riittävä määrä työympäristössä olevia osia, jotta suunnittelijat pystyvät heti alusta alkaen ottamaan kriittisimpiä rajoitteita huomioon. Suunnitteluvaiheiden synkronointi voidaan toteuttaa esimerkiksi aikatauluttamalla projekti niin, että eri tuotekehitysyksiköt etenevät siinä suunniteltua tahtia, mutta eriaikaisesti. Eriaikaisuutta pystytään

säätlemään esimerkiksi projektin aloitus ajankohdalla eri yksiköissä. Samassa tahdissa pysyminen varmistetaan puolestaan projektin johtotasolta käsin seuraamalla ja pitämällä tiukasti kiinni suunnitelluista tavoitteista ja päivämääristä.

Toinen merkittävä toimi on varmistaa, että eri yksiköiden suunnittelijoilla on käytössään ajantasainen suunnittelutieto, jota käyttää työkokoonpanossa. Tämä nopeuttaa suunnittelutyötä, kun tehdään kerralla oikein -mentaliteetilla eikä muutoksien tekoon tarvitse käyttää niin paljon aikaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että suunnittelutieto on pystyttävä jakamaan eri tuotekehitysyksiköiden välillä mahdollisimman aikaisin, eikä vasta jakeluvaiheessa. Tosin tässä on huomioitava se, että suunnittelutieto on tarpeeksi laadukasta ja informoivaa jaettaessa. (The Global Product Design Benchmark Report 2005, 8.)

Tehtäessä isoja globaaleja tuotekehitysprojekteja tulisi käytössä olla mahdollisimman yhtenäiset toimintatavat, tuoterakenne ja tavoite. Toimintatapojen avulla mahdollistetaan tuotekehitysprojektin eteneminen ja aikataulussa pysyminen, kun tuotekehitysyksiköt sijaitsevat eripuolilla maailmaa. Tällöin jokainen tuotekehitysprojektiin osallistuva yksikkö tekee suunnittelutyötä samalla tavalla ja tällöin taataan myös suunnittelutiedon laadukkuus. Globaaleissa tuotekehitysprojekteissa tulisi myös olla yhteinen tuoterakenne, johon eri tuotekehitysyksiköt tekevät suunnittelutyötä. Tuoterakenteen tulisi olla modulaarinen jolloin sen osa-alueita, joihin eri tuotekehitysyksiköt tekevät suunnittelutyötä voidaan jakaa niiden kesken. Näiden lisäksi projektiin osallistuvilla tuotekehitysyksiköillä tulisi olla yhtenäinen tavoite projektin suhteen, jolloin yksiköt sitoutuvat projektiin täysin. (Eppinger & Chitkara 2006, 29–30.)

8.3 Piirustus ja asennusdokumentaatioiden tuottaminen

Meneillään olevan globaalien tuotekehitysprojektien edetessä saattaa tulla tarve siirtyä perinteisten työpiirustusten teosta DNF-asennusdokumenttien tekoon. DNF-asennusdokumentit tehdään tällä hetkellä Word-dokumentteina, joihin lisätään näyttöleikkeitä group uniteista. Näyttöleikkeiden ja asennusohjeistuksien lisäämisen jälkeen DNF-asennusdokumentti tallennetaan PDF:ksi ja viedään Windchilliin. Group

uniteihin kohdistuvien muutoksien myötä DNF-asennusdokumentin päivittäminen tietää kuvien ja mahdollisesti myös asennuskuvausten uusimista. Tämä aiheuttaa jonkin verran käsin tehtävää työtä. Tämän takia tulisi selvittää, onko DNF-asennusdokumenttien teko mahdollista suorittaa jotakin ohjelmistoa kuten PTC:n Arbortextiä avuksi käyttäen, jolloin käsin tehtävän työn osuus laskisi ja muutoksien päivittäminen asennusdokumenttiin helpottuisi. Markkinoilta löytyy varmasti muitakin mahdollisia ohjelmistoja, joten niiden saatavuutta ja käytettävyyttä kannattaa selvittää

9 Pohdinta

Opinnäytetyö tehtiin Valtra Oy Ab:lle, ja siinä oli mukana MP Soft Oy. Opinnäytetyön aiheena oli Creon työkokoonpanojen ja konfiguraatioiden hallinta globaalissa tuotekehitysympäristössä. Opinnäytetyön tarve syntyi uuden globaalien tuotekehitysprojektin myötä, jossa Valtra on mukana muiden AGCO-yksiköiden kanssa. Projektin myötä Valtralla tuotekehityksessä käytössä oleviin ohjelmistoihin, järjestelmiin ja toimintatapoihin tuli muutoksia, jotka vaikuttivat muun muassa projektissa tapahtuvaan työkokoonpanojen hallintaan. Muutoksien johdosta kehitystarpeiksi muodostui työkokoonpanojen hallinnan kehittäminen globaalissa tuotekehitysprojektissa, projektin toimintatapojen kehitystoimien ideointi, mitkä mahdollistavat reaaliaikaisen suunnittelu ympäristön globaalissa tuotekehitysprojektissa. Lisäksi tarpeena oli työpiirustuksien teon ohjeistaminen projektin dokumentointia varten. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada kehitettyä Creon työkokoonpanojen hallintaa globaalissa tuotekehityksessä. Tavoite muutettiin kysymysten ja niiden alakysymysten muotoon, ja ne olivat seuraavat:

1) Miten työkokoonpanoja hallitaan?

- Mitkä ovat kehitystarpeet globaalissa tuotekehitysprojektissa?
- Miten pitkälle Drive-Itillä päästään työkokoonpanojen hallinnassa?
- Miten Drive-Itiä pitää kehittää, jotta päästään kohti ACL:n vastaavaa?
- Onnistuuko työkokoonpanojen hallinta super EBOMin kautta?

2) Miten eri yksiköistä tulevat osakokoonpanot hallitaan?

- Miten havainnollistetaan eri yksiköiden vastuulla olevat ja eri statuksissa olevat group unitit?
- Miten saadaan seurattua ja informoitua group unitien uusista versioista muille?
- Miten tiedottaa muita muutoksen tarpeesta?

3) Miten tehdään group unitien piirustukset?

- Mitä DNF-asennusdokumentti on?

Opinnäytetyön tavoitteet konkretisoitiin ja määriteltiin tarkemmin nykytilaan perehtymisen jälkeen tavoitetilan kuvausvaiheessa, joka on nähtävissä raportin luvussa 2.4. Tavoitetilan kuvausvaiheessa kirjattiin muistiin ne konkreettiset kehitystoimet, joita työn aikana aiottiin toteuttaa, jotta edellä esitettyihin kysymyksiin saataisiin vastattua. Kehitystoimina oli kehittää Drive-Itin käyttöliittymää ja Creossa olevaa CAD BOMin runkoa sekä luoda kehitysideoita globaalin tuotekehityksen toimintatapoihin ja luoda ohje työpiirustuksien tekemiseen Creossa. Työ ja sen raportointi suoritettiin Suolahdessa lokakuun 2014 ja huhtikuun 2015 välisenä aikana.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin kehitettyä työkokoonpanojen hallintaa Valtran Suolahden tuotekehitysyksikössä. Drive-Itin käyttöliittymää päivitettiin ja sen toimintaa kehitettiin, minkä ansiosta siitä tuli entistä helpompi ja monipuolisempi käyttää. Työn aikana kehitystarpeet määriteltiin tarkasti ja niiden pohjalta MP Soft teki ohjelmointimuutokset. Drive-Itin käyttöliittymään lisättiin template group unitin valinta, joka linkitettiin runkovalintaan. Lisäksi paikoitusketjun ohjaustoiminnon eli ns. paikoitussääntöjen noudattamista kehitettiin niin, että se ohjaa työkokoonpanojen kasaamista paikoitusketjun mukaisesti. Lisäksi mahdollistettiin sen päältä pois ottaminen, jolloin työkokoonpano voidaan avata välittämättä paikoitusketjusta. Tällöin tosin group unitit eivät välttämättä paikoitu oikein. Drive-Itiä kehitettiin kohti konfiguraattorin toimintaa, jolloin sen käytöstä saataisiin irti niitä hyötyjä, joita konfiguraattorilla yleensä saadaan. Tavoiteltavia hyötyjä Drive-Itin käytössä ovat

muun muassa virheellisten työkokoonpanojen väheneminen ja työkokoonpanojen luonnin nopeutuminen, mitkä vaikuttavat suoraan myös suunnitteluun käytettyyn aikaan. (Tiihonen & Soininen 1997, 12–13.)

Opinnäytetyössä vastattiin myös meneillään olevan globaalien tuotekehityksen aiheuttamiin haasteisiin muodostamalla toimintatapoihin sekä suunnitteluprosessiin liittyviä parannusehdotuksia, jotka parantavat kokoonpanojen hallintaa globaalissa tuotekehityksessä. Isoimpana yksittäisenä haasteena oli hallita eri elinkaaren tiloissa olevia group uniteja samassa kokoonpanossa. Tätä varten kehitettiin hallintaidea, jota kuvattiin tietomallilla. Ideana siinä oli kehittää Drive-Itä niin, että sillä pystyttäisiin hallitsemaan group unitien versioita lähinnä latest- ja Approved -tasolla. Edellä mainittu ongelma oli kuitenkin seurausta jostakin. Tämän vuoksi haluttiin löytää parannusehdotuksia, kuinka tämä ongelma saataisiin estettyä eli kuinka sen juurisyitä saataisiin hallittua. Kehityskohteina olivat muun muassa suunnittelu-prosessin vaiheiden suoritus, suunnittelutiedon ajantasaisuus ja toimintatapojen muutokset. Kehitysehdotuksina olivat suunnitteluprosessin vaiheiden synkronointi eri yksiköiden välillä, suunnittelutiedon päivittäminen aikaisemmin kaikkien saataville ja suunnittelutyökalujen standardisointi. Globaalien tuotekehityksen kehittäminen on osittain myös rinnakkaissuunnittelun kehittämistä, sillä eri tuotekehitysyksiköiden yhteinen tuotekehitysprojekti toteutetaan pitkälti rinnakkaissuunnittelun periaatteita noudattaen. Jos jo kehitystoimia tehdessä otetaan huomioon rinnakkais-suunnittelun tarpeet, saadaan hyödynnettyä rinnakkaissuunnittelun hyvät puolet, jolloin lopputuotteesta saadaan laadukkaampi ja suunnittelutyö olisi kustannus-tehokkaampaa. (Baylis 1994, 20.)

Kolmantena opinnäytetyön tuloksena saatiin group unitien piirustuksien teko-ohje. Piirustusohjeen tarkoituksena oli tukea suunnittelijoita, kun he tekevät piirustuksia group uniteista. Piirustusohjeessa käsiteltiin piirustuksien yleiset asiat, piirustuksien luontiin käytettävät peruskomennot ja kokoonpanopiirustusten luominen niin tausta-geometrialla kuin ilman. Suunnittelijoilta saadun palautteen perusteella piirustusohje onnistui hyvin ja sillä oli käyttöä, kun piirustuksia alettiin tehdä. Palautteena saatiin muun muassa, että ohje oli selkeä, se antoi hyvät perustiedot piirustuksien teolle ja se oli tarpeellinen. Piirustusohjetta tehdessä pyrittiin siihen, että se ohjaa suunnittelijoita käyttämään yhteisiä merkintöjä ja toimitapoja piirustuksia tehdessä.

Tällöin saadaan varmistus sille, että piirustukset ovat selkeitä ja niistä käy ilmi tarvittavat tiedot osien valmistusta varten. Hietikon (2008, 131) kehotuksen mukaisesti piirustusohje mukailee hyvin pitkälle standardien mukaista piirustusten tuottamista, mutta joiltakin osin standardia on sovellettu, jotta saavutetaan piirustuksissa ne ominaisuudet, jotka ovat Valtralle globaalissa tuotekehitysprojektissa tärkeitä.

Opinnäytetyö onnistui pääsääntöisesti hyvin. Kuitenkaan ihan kaikkiin tavoitteesta muodostettuihin kysymyksiin ei onnistuttu vastaamaan eli tavoitteisiin ei täysin päästy. Työn aikana ei saatu vastattua siihen, kuinka havainnollistetaan eri yksiköiden vastuulla olevat ja eri statuksissa olevat group unitit. Lisäksi uusien versioiden informointia ei pystytty pohtimaan tarpeeksi syvällisesti. Nämä puutteet johtuivat osittain aikataulusta ja osittain niiden monimutkaisuudesta aihealueina, jolloin ne olisivat vaatineet enemmän työpanosta. Työssä onnistuttiin vastaamaan työkokoonpanojen hallintaan liittyviin kysymyksiin, kuten tarvittaviin kehitystarpeisiin globaalissa tuotekehitysprojektissa, miten pitkälle Drive-Itillä päästään työkokoonpanojen hallinnassa, miten Drive-Itiä pitää kehittää, onnistuuko työkokoonpanojen hallinta super EBOMin kautta, miten tiedotetaan muutosten tarpeesta ja mikä on DNF-asennusdokumentti. Lisäksi osittain onnistuttiin vastaamaan kysymykseen, miten informoidaan uusista versioista muille.

Opinnäytetyö oli kuitenkin kokonaisuutena haastava ja mielenkiintoinen. Sen aikana pääsi tutustumaan läheltä kokoonpanojen hallinnan ja globaalin tuotekehityksen käytännön haasteisiin, mistä on varmasti hyötyä tulevaisuudessa. Työn haastetta alussa lisäsi tuotekehitysympäristöjen nykytilojen selvitys, sillä selvitystyö oli laaja ja siihen meni paljon aikaa johtuen osittain tuotekehitysympäristöjen laajuudesta. Tuotekehitysympäristöjen toimintatapojen sisäistäminen lyhyessä ajassa ja asioiden oikein kuvaaminen olivat haasteista suurimmat. Itse kehitystyö sujui varsin vaivattomasti ja tuloksia saatiin nopeasti. Siitä huolimatta Drive-Itin varsinaista käyttöönottoa ei ehditty suorittaa työn aikana, vaan se jäi suoritettavaksi myöhemmin. Tähän vaikuttivat muun muassa opinnäytetyöstä johtumattomat aikataulut ja tarve hioa Drive-Itin toiminta loppuun sillä työkalua, joka ei ole täysin toimiva, on erittäin vaikea saada käyttäjien käyttämäksi. Jälkikäteen mietittynä myös Drive-Itin kehitystyössä olisi ollut hienoa päästä lähemmäksi ACL:ssä tapahtuvaa

kokoonpanojen hallintaa. Tulevaisuutta ja Drive-Itin jatkokehitystä ajatellen ovat tämän työn pohjalta tiedossa ne kohteet, joihin Drive-Itin kehityksessä kannattaa kiinnittää huomiota. Opinnäytetyö antaa siis hyvän pohjan Drive-Itin jatkokehitykselle. Globaalin tuotekehityksen aiheuttamiin haasteisiin saatiin ideoitua tietomalliratkaisu työn aikana. Haasteet tulivat esille varsin myöhäisessä vaiheessa, ja tämän vuoksi tietomallissa esitettyyn ratkaisuun on käynnissä lisäselvitys opinnäytetyön lopulla, joka ei sisällynyt opinnäytetyöhön. Tietomallin ja lisäselvityksen pohjalta ongelman ratkaisemiselle on kuitenkin olemassa hyvät lähtökohdat tämän opinnäytetyön jälkeen.

Opinnäytetyön onnistumista tuki hyvin toiminnallisen menetelmän käyttäminen työssä. Sen avulla työ eteni johdonmukaisesti ja edellinen asia antoi pohjan seuraavalle asialle. Tällöin oli siis aina jokin pohjatieto tai edes pieni kosketus seuraavan asian aihealueeseen. Näiden lisäksi ennen työn aloittamista laadittu aikataulu helpotti työn läpi viemistä. Aikataulun pääajat, kuten raportin palautus ja viimeistelyyn varattu aika, pysyivät samoina, mikä helpotti aikataulussa pysymistä. Muuten aikataulu eli työn aikana, ja tulevaisuutta ajatellen on kannattavaa päivittää myös aikataulua sen mukaisesti, kun muutoksia tulee. Työlle asetetut rajaukset onnistuivat pääsääntöisesti hyvin. Joitakin rajoituksia olisi voinut ehkä miettiä ja määritellä tarkemmin, mutta pääsuuntaus työssä kuitenkin saatiin rajattua, mikä olikin tärkeintä työn kannalta. Myös työn aikana suoritettut rajaukset onnistuivat hyvin.

Globaalin tuotekehityksen toimintatavat ja kokoonpanojen hallinta globaaleissa tuotekehitys projekteissa ei ole ainoastaan Valtran haaste vaan koko globaalistuvan teollisuuden. Tätä kautta opinnäytetyön tulokset ovat pääsääntöisesti yleispäteviä muuallekin teollisuuteen. Tulosten pohjalta pystytään samaan alkuselvitykselle, mitä on otettava huomioon, kun aletaan suunnata kohti globaalia tuotekehitystä. On kuitenkin otettava huomioon mahdollisen eri teollisuuden alan vaikutukset ja rajoitukset globaaliin tuotekehitykseen, kun alkuselvitystä aletaan tehdä. Opinnäytetyön aiheen ajankohtaisuus teollisuudelle yleensä ja varsinkin sen tarpeellisuus Valtralle tekivät siitä hyvän opinnäytetyön aiheen. Saatuja tuloksia pystyttiin hyödyntämään Valtralla jo työn aikana, ja osaa niistä tullaan hyödyntämään sekä jatkokehittämään työn jälkeenkin.

Lähteet

AGCO Reports Fourth Quarter Results. 2015. Artikkelin AGCO:n vuoden 2014 tuloksesta sen internetsivuilla. Viitattu 5.3.2015.

<http://investors.agcocorp.com/phoenix.zhtml?c=108419&p=irol-newsArticle&ID=2012937>

AMPIP 2.1 materiaali. 2012. Valtran sisäinen materiaali.

Annacchino, M. A. 2007. The Pursuit of New Product Development: The Business Development Process. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Anshuman, T. & Eppinger, S. D. 2007. A System Architecture Approach to Global Product Development. MIT Sloan School of Managementin tutkimus. Viitattu 24.2.2015. <http://mitsloan.mit.edu/pdf/global-product.pdf>

Apilo, T., Kulmala, H. I., Kärkkäinen, H., Lampela, H., Mikkola, M., Nevalainen, M., Papinniemi, J., Ruohomäki, I. & Valjakka, T. 2008. Tuotekehitysverkostojen uudet toimintamallit. Tampere: Teknologiainfo Teknova.

Barkley, B. T. 2007. Project Management In New Product Development. United States of America: McGraw-Hill

Baylis, C. 1994. Simultaneous Engineering. World Class Design to Manufacture 1, 17-20. Viitattu 23.2.2015. <https://janet.finna.fi/>, Emerald Journals

Berg, P., Leivo, V., Pihlajamaa, J. & Leinonen, M. 2001. Tuotekehitystoiminnan laadun ja kypsyyden arviointi. Vantaa: Metalliteollisuuden Keskusliitto.

Cooper, R. G. 2000. Doing it right: Winning With New Products. State-gate internationalin artikkeli. Viitattu 20.2.2015. http://www.stage-gate.com/downloads/wp/wp_10.pdf

Creo Parametric. 2012. Esite Econocapin sivustolla. Viitattu 2.1.2015. http://www.econocap.com/userData/econocap/Creo_Parametric_EN.pdf

Design Methods (Bottom-up and Top-down Design). N.d. Dassault Systemesin SolidWorksin tukisivusto. Viitattu 9.3.2015. http://help.solidworks.com/2013/English/SolidWorks/sldworks/c_Design_Methods.htm?id=fe784b86f5df4627b6c44004e2496a98#Pg0

Eppinger, S. D. & Chitkara, A. R. 2006. The New Practice of Global Product Development. Massachusetts Institute of Technology:n julkaisema tutkimusartikkeli. Viitattu 24.2.2015. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/87030>

Global EBOM. 2015. Valtran sisäinen materiaali.

Harju, P. K. J. 1999. Kvalitatiivinen kyvykkyys: Massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät. Helsinki: Tietosanoma.

Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Hänninen, T. 2015. Project Engineer. Valtra Oy Ab. Haastattelu 5.3.2015.

Invest in AGCO. N.d. Artikkelin AGCO Corporationin sivustolla. Viitattu 2.1.2015.
<http://investors.agcocorp.com/phoenix.zhtml?c=108419&p=irol-homeprofile>

Jørgensen, K. A. 2009. Product Configuration and Family Modelling. Aalborg university lokakuu 2009. Viitattu 4.2.2015.
http://www.kaj.person.aau.dk/digitalAssets/49/49143_productconfigurationandproductfamilymodelling.pdf

Lehtonen, T. 2007. Designing Modular Product Architecture In the New Product Development. Väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopiston julkaisu 713. Viitattu 5.2.2015. <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-200810021062>

Link-It Software. N.d. MP Soft Oy:n sivusto. Viitattu 5.1.2015.
<http://www.mpsoft.fi/products>

MP Soft Oy yritysesittely. 2015. PowerPoint-esitys. Vantaa: MP Soft Oy.

Niskanen, H. 2010. Traction in Action – Valtra’s Six Decades. Suolahti: Valtra Oy Ab

Ohvanainen, J. & Hietikko, E. 2012. Building Competitive Advantage Through Platform-based Product Family Thinking: Case Powerpacks. Journal of Industrial Engineering and Management 1, 180-197. Viitattu 8.1.2015.
<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/438>

PTC Windchill. N.d. PTC:n Windchill-sivusto. Viitattu 5.1.2015.
<http://www.ptc.com/product/windchill>

Puurttinen, A. 2014. Tuotekehitysprojektin suunnitteluvaiheen yhtäaikainen aloittaminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, Teknologiaosaamisen johtaminen, YAMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjastossa.

Puurttinen, A. 2015. Project Engineer. Valtra Oy Ab. Haastattelu 6.3.2015.

Pöppönen, V. 2015. CAD System Specialist. Valtra Oy Ab. Haastattelu 14.1.2015.

Sairanen, J. 2015. Product Engineer. Valtra Oy Ab. Haastattelu 14.1.2015.

SFS-EN ISO 5456-2. 2000. Tekniset piirustukset. Projisointimenetelmät. Osa 2: Kohtisuorat yhdensuuntaisuusprojektiot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

The Global Product Design Benchmark Report. 2005. Aberdeen groupin tutkimuksen tulokset. Viitattu 25.2.2015.
https://m.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/Q4_RA_GlobalProductDesign_JB_123005bspf_tcm1224-23397.pdf

Tietoa Valtrasta. N.d. Artikkelin Valtra Oy:n sivustolla. Viitattu 2.1.2015.

<http://www.valtra.fi/tietoa-valtrasta.aspx>

Tiihonen, J. & Soininen, T. 1997. Product Configurators – Information System Support for Configurable Products. Helsingin teknillisen yliopiston tekninen raportti TKO-B137. Helsinki: Helsinki university of technology. Viitattu 16.2.2015.

<http://www.cs.helsinki.fi/u/jutiihon/publications/Tiihonenetal1998Configuratorsrelsart.pdf>

Tutkimustyön perusteet S2014 mat 4. 2014. Tutkimustyön perusteet opintojakson luentomateriaali. Viitattu 13.4.2015. <http://optima.jamk.fi>

Tuotteistamiskäsikirja. 2007. Kajaanin ammattikorkeakoulun julkaisu. Viitattu 23.2.2015.

<https://www.uef.fi/documents/13140/1389315/Tuotteistamisk%C3%A4sikirja.pdf/0cc26b15-8566-445d-9b8d-e90cceb4ae0d>

Ulrich, K. T. 1995. The Role of Product Architecture In the Manufacturing Firm. Research policy, Massachusetts Institute of Technology. Viitattu 6.2.2015.

<http://www.ktulrich.com/uploads/6/1/7/1/6171812/ulrich-architecture.pdf>

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. 2012. Product Design and Development. 5. Edition. United States of America: McGraw-Hill.

Valtra yritysesittely. 2014. Valtran yritysesittelymateriaali. Suolahti: Valtra Oy Ab.

Valtra's PLM systems. 2015. Valtran sisäinen materiaali.

Liitteet

Liite 1. Creo Drawings -ohjeistus

Liite poistettu julkisesta versiosta.