

# Telan osaluettelo PLM-ympäristössä

Sebastian Sjöberg

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2019  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Sjöberg, Sebastian	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi <b>Telan osaluettelo PLM-ympäristössä</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell, Jorma Matilainen		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oyj		
Tiivistelmä <p>Teollisessa valmistuksessa vallitsee kova kilpailu ja teolliset toimijat pyrkivät parantamaan kilpailukykyään. Johtava paperikonevalmistaja Valmet Technologies Oyj hakee kilpailukykyä toimintoihinsa siirtymällä entistä enemmän digitaaliseen toimintaympäristöön. Digitaalisen toimintaympäristön avulla on tarkoitus saada tehokkuutta sekä karsia hajautuneita valmistuksen järjestelmiä ja siten yhdistää yrityksen toimintaa. Tutkimuksen tehtävänä oli selvittää tuoterakenteen ja osaluettelon luomista Dassault Systèmesin tarjoamalla 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustalla. Tavoitteena oli saada ymmärrys osaluettelon rakentamisesta, kuvata osaluettelon luomista ja tutkia erilaisten nimikkeiden ohjautumista uudessa toimintaympäristössä.</p> <p>Tutkimus toteutettiin toimintatutkimuksena, jossa hyödynnettiin enimmäkseen laadullisen tutkimusotteen oppeja, mutta aineiston analysoinnissa käytettiin osittain apuna määrällistä tutkimusotetta. Aineisto kerättiin tutkijan omalla havainnoinnilla ja teemahaastatteluilta, joissa haastateltiin kohdeorganisaation asiantuntijoita. Teemahaastatteluilta saatiin luotua hyvä käsitys nykytilasta ennen tutkimustyön aloittamista.</p> <p>Tutkimuksessa saatiin kerättyä arvokasta tietoa toimintaympäristöstä, osaluettelon uudesta luomistavasta ja erilaisten nimikkeiden ohjauksesta. Näitä tietoja voidaan hyödyntää jatkossa, kun pohditaan digitaalisen toimintaympäristön muita toiminnallisuuksia ja niistä syntyviä mahdollisuuksia.</p> <p>Kehitys- ja tutkimustyö digitaalisen toimintaympäristön käyttöönotosta on vasta alussa. Tässä tutkimuksessa saatiin selvitettyä perusteita, mutta tutkimustyötä on jatkettava eteenpäin, jotta löydetään mahdollisimman optimaaliset tavat eri prosessien läpiviemiseen.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Tuotetiedon hallinta, osaluettelo, tuotteen elinkaaren hallinta, 3DEXPERIENCE, Catia, Delmia, Enovia		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Sjöberg, Sebastian	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019  Language of publication: Finnish
	Number of pages 54	Permission for web publication: Yes
Title of publication <b>Bill of materials for a roll in PLM environment</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Henell, Antti & Matilainen, Jorma		
Assigned by Valmet Technologies Oyj		
Abstract  <p>There is fierce competition in industrial production and manufacturers are trying to improve their competitiveness. A leading paper machine manufacturer Valmet Technologies Oyj seeks competitiveness in its operations by shifting more to a digital operating environment. The digital operating environment is designed to gain efficiency and cut off distributed manufacturing systems and thus combine operations in the company. The purpose of the study was to investigate the process of creating a product structure and a bill of materials on 3DEXPERIENCE platform, which is provided by Dassault Systèmes. The aim was to understand the construction of the bill of materials, to describe the process of creating a bill of materials, and to study the diversion of different items in the new operating environment.</p> <p>The study was an activity analysis, which mainly utilized the qualitative research method, but the quantitative research method was partly used to analyze the data. The materials were collected using the author's own observation and thematic interviews with experts at the target organization. The theme interviews created a good understanding of the current situation before starting the study.</p> <p>The study provided valuable information on the operating environment, the new way of creating a bill of materials and routing various items. This information can be utilized in the future when considering other functionalities in the digital environment and the opportunities that they create.</p> <p>Development work and studying the deployment of the digital environment is only in the beginning. This study determined the basics, but research work needs to be continued to find the best possible way to execute the different processes.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Product Data Management, bill of materials, Product Lifecycle Management, 3DEXPERIENCE, Catia, Delmia, Enovia		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön tarkoitus.....</b>	<b>7</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta.....	7
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	8
<b>2</b>	<b>Tuotetietojen hallinnointi ja ohjelmistoalusta.....</b>	<b>9</b>
2.1	Tuotteen elinkaaren hallinta (PLM).....	9
2.2	Tuotetiedon hallinta (PDM).....	11
2.3	Osaluettelot ja tuoterakenteet .....	12
2.4	3DEXPERIENCE-ohjelmistoalusta .....	14
<b>3</b>	<b>Opinnäytetyön toteutus .....</b>	<b>15</b>
3.1	Tutkimusasetelma .....	15
3.2	Tutkimusaineisto .....	21
3.2.1	3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan käyttökoulutus .....	22
3.2.2	Haastattelut .....	23
<b>4</b>	<b>Nykytilan kuvaus .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Toimintatavan simulointi.....</b>	<b>25</b>
5.1	Simulaatiosuunnitelma.....	25
5.2	MBOM:n luonti.....	26
5.2.1	Automaattinen MBOM:n luominen .....	27
5.2.2	Manuaalinen MBOM:n luominen.....	36
5.3	Osto-osien ohjaus osaluettelossa.....	39
5.4	Malliosaluettelo.....	41

<b>6 Tulokset ja niiden arviointi.....</b>	<b>43</b>
<b>7 Johtopäätökset ja pohdinta .....</b>	<b>45</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>48</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>51</b>
Liite 1. Teemahaastattelurunko .....	51
Liite 2. Aineiston koontitaulukko .....	52

## **Kuviot**

Kuvio 1. Telat-tuoteryhmän organisaatorakenne.....	8
Kuvio 2. Tuotteen elinkaaren hallinta ja sen vaiheet.....	10
Kuvio 3. Periaatekuva EBOM:n muuttamisesta MBOM:ksi .....	13
Kuvio 4. Käyttöliittymän kompassi selostettuna.....	15
Kuvio 5. Toimintatutkimuksen teoreettinen vaihekaavio.....	17
Kuvio 6. Opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen vaihekaavio .....	18
Kuvio 7. Manufactured Item Definition -sovellus .....	28
Kuvio 8. Päätasojen linkittäminen Manufactured Item Definition -sovelluksessa .....	29
Kuvio 9. Create/Update Manufacturing Assembly -työkalu .....	30
Kuvio 10. PPR Spreadsheet Editor -työkalu.....	31
Kuvio 11. Periaatekuva exceliin rakennetusta tuoterakenteesta.....	32
Kuvio 12. Attribuuttitietojen lisääminen 3D-mallin tasolle .....	34
Kuvio 13. Valmistustarkoitusten määrittäminen 3D-mallin tasolle.....	35
Kuvio 14. Rakenne-erot Phantom-tasojen määrittämisen jälkeen .....	36
Kuvio 15. Periaatekuva Product scope -linkkien kohdistamisesta.....	37
Kuvio 16. Periaatekuva Implement-linkkien kohdistamisesta .....	38
Kuvio 17. Periaatekuva MBOM:n muokkaamisesta ilman Implement-linkkejä .....	38
Kuvio 18. Periaatekuva tasojen uudelleen reitityksestä.....	39
Kuvio 19. Olemassa olevan objektin lisääminen MBOM:iin. ....	40
Kuvio 20. Continuous Provide Materials-Length -taso .....	41
Kuvio 21. Periaatekuva 3D-mallin ja MBOM:n dublikoinnista.....	42

**Taulukot**

Taulukko 1. Simulaatiosuunnitelma .....	26
Taulukko 2. Automaattisesti luodun MBOM:n värikoodien esiintymätaulukko .....	32
Taulukko 3. Seurantasuunnitelma .....	44

## **Käsitteet**

### **Asiakasluettelo**

Asiakkaalle luovutettava telan osaluettelo (Vakiintunut termi Valmetin telasuunnittelussa).

### **Attribuutti**

”Asian tai olion ominaisuus tai määre” (Attribuutti 2016).

### **BOM**

(Bill of Materials) Osaluettelo on joko yksitasoinen tai strukturoitu lista tuotteen komponenteista, joita tarvitaan valmistuksessa (Stark 2011, luku 9.2.1; Sääksvuori & Immonen 2002, 189).

### **CAD**

(Computer-aided Design) Tietokoneavusteinen suunnittelu on kattava termi sovelluksille, joilla käytetään interaktiivisia grafiikkatekniikoita suunnittelun apuna. Nykypäivänä käytetään 3D-suunnitteluohjelmistoja mm. mekaniikka, - sähkö, - elektroniikka, - hydraulikka- ja putkistosuunnitteluun sekä laivanrakennukseen. (Stark 2017, luku 9.2.4; Sääksvuori & Immonen 2002, 192.)

### **Catia V5**

Dassault Systèmesin tarjoama suunnitteluohjelmisto, jossa on käytettävissä CAD/CAE/CAM -työkaluja (Tickoo 2011, 2).

### **CoMPass**

Internet-selaimessa toimiva tietokanta, jolla hallinnoidaan telakortteja (ks. **Telakortti**). Tietokantaan merkitään telan tietoja sen elinkaaren eri vaiheiden aikana. (Tavi 2019a.)

### **Dublikointi**

(Duplicate) Tarkoitetaan Enovia-sovelluksen kopiointityökalua, jolla luodaan 3D-malleista kaksoiskappaleita uusilla tunnistenumeroilla (Vakiintunut termi Valmetin telasuunnittelussa).

**ERP**

(Enterprise Resource Planning) ERP tarkoittaa toiminnanohjausjärjestelmää, joka toimii yrityksen selkärangana. ERP-järjestelmä yhdistää laajasti yrityksen toimintoja kuten suunnittelu, tuotanto, myynti, markkinointi, henkilöstöhallinto, laskentatoimi ja rahoitus. Järjestelmän ideana on ohjata muun muassa tieto- ja rahavirtoja. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 158; Sääksvuori & Immonen 2002, 191.)

**Mallinnusmetodologia**

Mallinnusmetodologia tarkoittaa mallinnuksen menetelmäoppia, joka on linjattu toimeksiantajan asiantuntijoiden toimesta (Vakiintunut termi Valmetin telasuunnittelussa).

**Nimike**

(Item) Nimikkeillä identifioidaan systemaattisesti tuotteita, sen komponentteja, dokumentteja, materiaaleja tai työvaiheita. Nimikkeet ovat yrityksen standardoitu tapa tunnistaa eri "yksilöitä." (Peltonen ym. 2002, 163; Sääksvuori & Immonen 2002, 192.)

**Notes**

Liiketoimintasovellus, joka sisältää sovelluksia yrityksen sisäiseen tiedottamiseen (IBM Notes n.d).

**Tasman**

Notes:n tietokanta, jota käytetään projektien toimitusvaiheessa. Tietokantaa käytetään projektiviestinnän, raportoinnin ja projektihallinnan tietojen hallintaan. (Koskelainen 2017.)

**Telakortti**

Telakorttiin kirjataan telan yksityiskohtaisia tietoja, sen elinkaaren aikana. Telakortti avataan, kun myydystä telaprojektista tulee tieto, ja suunnittelutyön edetessä telakorttiin täytetään tietoja. (Tavi 2019b.)

**Tuoterakenne**

(Product Structure) Kuvaa hierarkkisesti tuotteen rakennetta komponentti- ja osaston nimikkeistä. Nimikkeet voivat olla myös työvaiheistuksia tai viittauksia muiden



tuotteiden nimikkeisiin, jos ko. tuote on esimerkiksi modulaarinen. (Hietikko 2015, 187; Peltonen ym. 2002, 164; Sääksvuori & Immonen 2002, 193.)

**VAL-nimike**

(VAL item) Osto-osa, jolla ei ole piirustusta, vaan nimikkeen tiedot perustuvat johonkin standardiin. Esimerkiksi koneruuvit, laakerit, tiivisteet jne. (Tavi 2019c.)

# 1 Opinnäytetyön tarkoitus

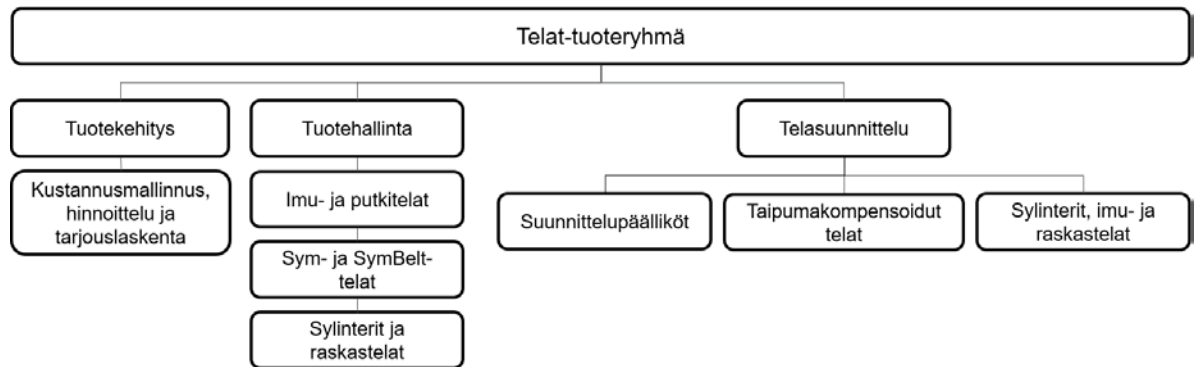
## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Tässä opinnäytetyötutkimuksessa tutkittiin ohjelmistokokonaisuuden tarjoamia mahdollisuuksia luoda suunnittelun tuotteen rakenteesta osaluettelo. Teknologia on kehittynyt ja kehittyä kovaa vauhtia, mikä lisää teollisuuden eri toimijoille kilpailua. Nykypäivänä teollisuuden eri toimijoilta vaaditaan myös enemmän. Teollisuudessa tulee ottaa huomioon kestävä kehitys, jotta luonnonvaroja riittää myös tuleville sukupolville. Internetin ja virtuaalisuuden avulla voidaan vähentää päästöjä, kun asioita voidaan tarkastella ennen valmistusta. Virtuaalisuus tuo myös prosesseihin kilpailukykyä, koska siten saadaan tehostettua toimintaa virtuaalitarkastelun avulla.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oyj, joka on johtava automaation, teknologian ja palveluiden toimittaja sekä kehittäjä energia-, sellu- ja paperiteollisuudelle. Valmet on kansainvälinen yritys, jossa työskentelee noin 12 000 työntekijää. Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa. Suomessa Valmet toimii eri toimialoillaan kymmenellä paikkakunnalla työllistäen n. 4700 ihmistä. (Valmet lyhyesti n.d; Valmetin toiminnot Suomessa n.d.)

Opinnäytetyö tehtiin Jyväskylässä Valmetin Rautpohjan yksikössä. Rautpohjan yksikössä on ollut valmistavaa teollisuutta vuodesta 1938 lähtien, ja se juhli 80-vuotispäiväänsä kesäkuussa 2018. Paperikoneiden valmistus on alkanut 50-luvulla ja ennen paperikoneita Rautpohjassa valmistettiin muun muassa tykkeitä. Nykyään Rautpohjassa työskentelee noin 1400 ihmistä selluloosan kuivauskoneiden, paperi- ja kartonkikoneiden suunnittelun sekä valmistuksen parissa. (Kjellberg 2018; Valmetin toiminnot Suomessa n.d.)

Opinnäytetyö kohdistui Valmetin Board and Paper Machines Technology Unit:in Telat-tuoteryhmän alle kuuluvaan telasuunnitteluun. Telat-tuoteryhmä koostuu kahdesta ryhmästä, ja näihin ryhmiin kuuluu Valmetin henkilöstöä 20 henkeä ja lisäksi telasuunnitteluryhmiin kuuluu alihankkijoita. Tarkemmin työssä keskityttiin taipumakompensoidut telat -tiimiin, jossa suunnitellaan paperi- ja kartonkikoneiden taipumakompensoituja teloja. (ks. kuvio 1.)



Kuvio 1. Telat-tuoteryhmän organisaatorakenne (Miettinen 2018, muokattu)

Toimeksiantaja haluaa yhtenäistää sekä tehostaa toimintaansa hankkiutumalla eroon hajautetuista tietojärjestelmistä. Tulevaisuudessa tarkoituksena on siirtyä käyttämään 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustaa, jolla voidaan hyödyntää digitaalista toimintaympäristöä, ja samalla tukea omaa sekä asiakkaiden kestäväää kehitystä. (Valmet tehostaa tuotantoaan... 2017.) Tämän opinnäytetyön ydinajatuksena oli tutkia, miten nykyisen suunnittelun osaluettelo saadaan luotua PLM-ympäristössä (Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta). PLM-ympäristönä toimi Dassault Systèmesin tarjoama 3DEXPERIENCE R2018x -ohjelmistoalusta, jolla on mahdollista suorittaa suunnittelutyö sekä hallinnoida tuotteen tietoja ja simuloida tuotteen valmistuksen prosesseja. Valmetin aikomuksena on päästä eroon nykyisen PDM-järjestelmän (Product Data Management, tuotetiedon hallinta) käytöstä, jolla osaluetteloiden ja tuoterakenteiden hallinnointi on manuaalista. Järjestelmän kanssa toimitaan manuaalisesti, koska se ei ole integroitu toimimaan suunnitteluohjelmistojen kanssa. Tutkimuksessa keskityttiin tuotetiedon hallintaan suunnittelun näkökulmasta, missä tuoterakenteita sekä osaluetteloita luodaan tuotteelle.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää SymZLig-telan avulla tuoterakenteen ja osaluettelon hallinta PLM-ympäristössä tarkastellen nykyisen osaluettelon ja MBOM:n (Manufacturing Bill of Materials) yhdistämistä. MBOM on 3DEXPERIENCE-

ohjelmistoalustalla luotava valmistusosaluettelo, jonka teoria ja käytäntöön soveltaminen kerrotaan luvussa 2.3 Osaluettelot ja tuoterakenteet. Tutkimuksen tarkennettuja tavoitteita olivat:

- ymmärtää osaluettelon rakentuminen
- kuvata osaluettelon muodostuminen
- tutkia erilaisten nimiketyyppien ohjautuminen osaluettelon luomisessa.

Opinnäytetyö rajattiin yhteen tiettyyn telatyyppiin. Lisärajausta tehtiin myös työn syvällisyyden suhteen. Yleisesti tuoterakenteiden rakentaminen uuteen järjestelmään on monivaiheinen prosessi, jossa otetaan suunnittelusta tuotannonohjaukseen asti kantaa. Tässä tutkimuksessa tutkittiin ensimmäistä vaihetta, Structure Management -tasoa, jossa luotiin tuotteen perusta tuoterakenteella sekä osaluettelolla.

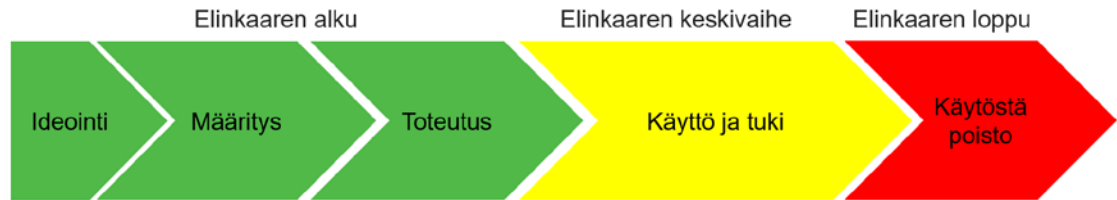
Opinnäytetyötutkimuksen kohteeksi valittu tela, SymZLig on yksi taipumakompensoitujen telojen tyyppi. SymZLig-tela valikoitui tutkimuksen kohteeksi, koska siitä oli olemassa tuotemalli vanhemmassa 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan versiossa. Tuotemallia on käytetty toimitusprojektien suunnittelutyössä, joten tuotemallin avulla päästiin vertailemaan mahdollisia ongelmakohtia nykyisen osaluettelon ja CAD-mallin välillä (Computer aided-design). Valintaa tuki myös se, että tuoterakenne on tutkijalle entuudestaan tuttu organisaatiossa suoritettujen työtehtävien kautta.

## **2 Tuotetietojen hallinnointi ja ohjelmistoalusta**

### **2.1 Tuotteen elinkaaren hallinta (PLM)**

Tuotteen elinkaaren hallinta on toiminto hallinnoida tuotteiden tietoja mahdollisimman tehokkaasti tuotteiden elinkaaren aikana. Tuotteen elinkaaren hallintaa voidaan konkretisoida ohjelmistoympäristöillä, joihin kuuluu tuotteen suunnittelu, tuotannon suunnittelu, menetelmäsuunnittelu, huolto, kunnossapito sekä logistiikka. Tuotteen elinkaaren hallinnassa on viisi eri vaihetta, jotka ovat ideointi, määrittäminen, toteutus, käyttö sekä tuki ja käytöstä poisto. (Gubaydulina, Gruby & Davlatov 2016, 1-2; Hietikko 2015, 188; Stark 2011, luvut 1.1-1.3.) Tuotteen elinkaari jaetaan kolmeen vaiheeseen, jotka kuvaavat elinkaaren etenemistä. Tuotteen elinkaari koostuu vaiheista: elinkaaren alku, elinkaaren keskivaihe ja elinkaaren loppu. (Stark 2011, luku

1.3.) Kuviossa 2 on havainnollistettu elinkaaren vaiheiden jakautumista eri elinkaaren hallinnan vaiheille.



Kuvio 2. Tuotteen elinkaaren hallinta ja sen vaiheet (Stark 2011, luku 1.3, muokattu)

### **Miksi tuotteen elinkaaren hallinta on tärkeää?**

Yritys ilman tuotteita ei ole elinvoimainen, koska niillä on harvoin muuta asiakasarvoa tuottavaa kuin sen tuotteet. Tuotteen elinkaaren hallinnan rooli on tärkeä yrityksen tuotteiden hallinnointikeinona, koska sillä saadaan hallittua tuotteita niiden elinkaaren aikana. Elinkaaren hallinta on yritystoiminnan kannalta tärkeää, koska hallinnoinnilla saadaan minimoitua tuotekohtaisia kuluja, nostettua tuottoja sekä lisättyä asiakasarvoa tuotteen elinkaaren aikana. Tuotteen elinkaaren hallinta parantaa tuotekehityksen asemaa ja siten saadaan suunniteltua sekä valmistettua kilpailukykyisempiä tuotteita. Tuotteen elinkaaren hallinnan merkitys nousee esille myös toimintojen ulkoistamisessa, jolloin tietotekninen koordinoitavuus kasvaa. (Hietikko 2015, 190; Stark 2011, luku 1.10.)

### **Tuotteen elinkaaren hallinnan sovellukset**

Tuotteita valmistavassa yrityksessä on monenlaisia prosesseja ja niistä saadaan tuotetietoja. Tuotetietojen hallitsemiseen on oltava erilaisia sovelluksia, joita prosesseja hallinnoivat ihmiset käyttävät valmistusketjun eri vaiheissa. (Stark 2011, luku 9.1.) Seuraavaksi on lyhyesti kuvattu opinnäytetyön kannalta tärkeimmät sovellukset.

### **BOM-sovellukset, Bill of Materials**

Elinkaarensa aikana tuotteella voi olla useita osaluettelorakenteita, joita tarvitaan elinkaaren eri vaiheissa. Osaluettelorakenteita on erilaisia, jotta elinkaaren eri vaiheiden käyttäjillä olisi soveliaain rakenne käytettävissä työtehtäviinsä nähden. Yleisimmät osaluettelorakenteen sovellukset ovat EBOM, MBOM ja SBOM. EBOM (Engineering

Bill of Materials) on suunnitteluinsinöörin, MBOM (Manufacturing Bill of Materials) tuotteen valmistuksen ja SBOM (Service Bill of Materials) huoltoinsinöörin näkökulmasta laadittu osaluettelorakenne. BOM-sovellukset tukevat osaluetteloiden luomista ja päivittämistä ylläpitämällä eri rakenteiden johdonmukaista rakennetta. (Mt. 2011, luku 9.2.1.)

### **CAD-sovellukset, Computer aided-design**

Tuotteiden suunnittelu käyttämällä CAD-sovelluksia on kustannustehokkaampaa kuin käyttää manuaalisia menetelmiä. CAD-sovelluksen avulla saadaan parannettua laatua ja vähennettyä tuotekehityssyklejä ja -kustannuksia. Suunnittelutyössä hyödytään CAD-sovelluksen mahdollistamasta 3D-mallista, jonka avulla voidaan tarkastella suunniteltua tuotetta ja havaita mahdollisia puutteita sekä virheitä ennen tuotteen valmistamista. (Mt. 2011, luku 9.2.4.)

## **2.2 Tuotetiedon hallinta (PDM)**

Tuotetiedon hallinta on myös yksi tuotteen elinkaaren hallinnan sovelluksista (Stark 2011, luku 9.2.33). Tuotetiedon hallinnan ydinajatuksena on tuotteen tietojen luominen, tallentaminen ja säilyttäminen siten, että tietoa voidaan käyttää yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa. Yrityksen jokapäiväisiä tuotetiedon hallinnan pääkohteita ovat nimikkeet, dokumentit, tuoterakenteet ja tuotteiden muutokset. Nimikkeen ja dokumenttien hallinnassa käsitellään komponentteja ja nimikkeeseen liittyviä dokumentteja. Tuoterakenteiden hallinta käsittää hierarkkisesti luodun tuoterakenteen hallintaa. PDM-järjestelmän tärkeimpänä kohteena voidaan pitää muutosten hallintaa, koska muutoksista täytyy saada välitettyä tieto muille sidosryhmille. Kaikilla osaluoteilla tuotetietojen hallinnan pitää olla nopeaa sekä täsmällistä, jotta tiedot siirtyvät jouhevasti sidosryhmien välillä. (Hietikko 2015, 184-186.)

PDM-lyhenne rinnastetaan myös tuotetiedon hallintaohjelmistoon, jota kutsutaan PDM-järjestelmäksi. Tuotetiedon hallinta, PDM on käsite, joka sisältää säännöt, periaatteet ja menetelmät. PDM-järjestelmä taas on se työkalu, jolla tuotetietoja hallitaan konkreettisesti. Järjestelmä voi sisältää tietoja tuotteiden piirustuksista, 3D-geometriasta, työohjeista, NC-ohjelmista, FEM-analyysin tuloksista ja osaluetteloista.

PDM-järjestelmässä on useita eri toimintoja, mutta viittä toimintoa voidaan pitää järjestelmän perustoimintoina: tietovarasto, prosessien ja työnkulun hallinta, projektin hallinta, osien hallinta ja tuoterakenteen hallinta. (Crnkovic, Askund & Dahlqvist 2003, 18 & 20; Hietikko 2015, 184-185; Stark 2011, luku 10.1.)

### **Miksi PDM-järjestelmä on tärkeä?**

PDM-järjestelmää voidaan pitää kriittisimpänä osana tuotteen elinkaaren hallintaa, koska järjestelmän avulla luodaan, hallinnoidaan ja varastoidaan tuotetietoja tuotteen elinkaaren ajan. PDM-järjestelmä tukee tuotteen elinkaaren hallinnan toimintoja, kuten suunnittelua, tietojen jakamista, teknisten muutosten ja tuoterakenteiden hallintaa. PDM-järjestelmän on oltava riittävän joustava, jotta tuotetietoihin voidaan tehdä muutoksia. Sen on muun muassa pystyttävä hallitsemaan toimintaa siten, että tuotantoketjussa tuotetietoja voidaan julkaista osittain etukäteen. (Stark 2011, luku 10.3.) Tuotetietojen julkaiseminen tarkoittaa nimikkeiden vapauttamista (Released) suunnittelusta valmistukseen. Vapauttaminen on siis suunnittelun keino viestittää valmistukselle, että kyseisen nimikkeen suunnittelutyö on valmis.

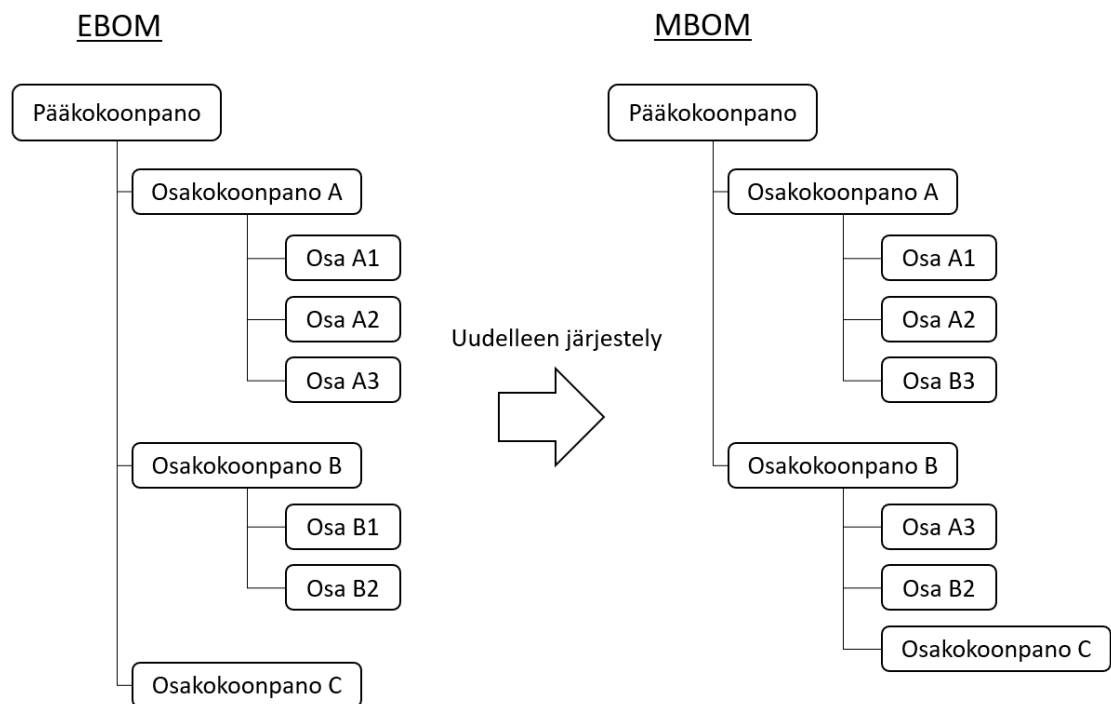
## **2.3 Osaluettelot ja tuoterakenteet**

Tuotetiedon ja tuotteen elinkaaren hallinnassa nousee tärkeäksi osaluettelorakenteet. Ilman niitä järjestelmien käyttö olisi mahdotonta. Seuraavaksi on selostettu mainittujen osaluettelotyyppien ja toimeksiantajan nykyisen tuoterakenteen hallintaa.

### **Osaluettelotyyppit**

EBOM (Engineering Bill of Materials, suunnitteluosaluettelo) on hierarkkinen tuoterakenne, joka edustaa tuotteen suunniteltua rakennetta, joka usein on samanlainen kuin 3D-mallin rakenne. EBOM muodostetaan suunnittelijoiden toimesta ja se sisältää tyypillisesti CAD-mallit, piirustukset sekä tuotteeseen kuuluvat materiaalit, joita ei mallineta (öljy tms.). EBOM:n tuotespesifikaatioista tulee muodostua selkeä kuvaus tuotteesta ja sen rakenteesta. MBOM (Manufacturing Bill of Materials, valmistusosaluettelo) koostuu tyypillisesti pääkoonpanosta ja alikoonpanoista, joihin tulee EBOM:ssa määritetyt tasot. MBOM:ssa erilaisten koonpanotasojen tarkoitus

on kuvata tuotteen valmistusprosessia, eli MBOM:iin niputetaan EBOM:n tasoja sellaisiin osakokoonpanoihin kuin ne oikeasti valmistettaisiin. (ks. kuvio 3.) MBOM:iin sisältyy myös tarvikkeet ja työkalut, joilla tuote saadaan valmistettua. MBOM sisältää myös tiedot pakkausmateriaaleista ja käyttöohjeista, jotta tuote saadaan lähetysvalmiiksi asiakkaalle. Kaikki nämä tiedot auttavat tuotantoa ymmärtämään paremmin tuotetta sekä sen rakennetta ja tuotteen ohjattavuutta. (Dalal 2017; Stekolschik 2017, 1-2.)



Kuvio 3. Periaatekuva EBOM:n muuttamisesta MBOM:ksi (Stekolschik 2017, 2, muokattu)

### Top to Down

Valmet siirtyy käyttämään uutta ERP-järjestelmää (Valmet Selects... 2016). Uuteen järjestelmään siirtyminen aiheuttaa muutoksia telasuunnitteluun sekä tuotannonohjaukseen. Valmetilla uutta toimintatapaa nimitetään Top to Down -toimintamalliksi.

Top to Down -toimintamallissa tuotteen ylin nimike (päätaso) ajoitetaan tarvepäivämäärään, josta päätason kaikki alemmat nimikkeet ajoitetaan taaksepäin tuoterakenteen perusteella. Tuoterakenne valmistuu vaiheittain suunnittelutyön edetessä, kun nimikkeitä vapautetaan valmistukseen. (Huoponen 2019.) Suunnittelun alussa tuoterakenteen teko aloitetaan mallinimikkeestä, jota kutsutaan skeleton-rakenteeksi.



Skeleton-rakenteeseen kuuluu tuotteen ylin nimike ja suurimmat omavalmisteosat. Skeleton-rakenteen tarkoituksena on informoida tuotannosuunnittelua valmistukseen tulevista tuotteista. Suunnittelu lisää skeleton-rakenteeseen nimikkeitä ja ilmoittaa ne tuotannosuunnitteluun, kun ne ovat suunniteltu loppuun sekä vapautettu valmistettavaksi.

## 2.4 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalusta

3DEXPERIENCE-ohjelmistoalusta on Dassault Systèmesin tarjoama ohjelmistokokonaisuus, joka tarjoaa ratkaisuja yrityksen eri osastoille markkinoinnista myyntiin ja myynnistä suunnitteluun. Ohjelmistoalustassa on helppokäyttöinen käyttöliittymä, jonka kautta käytetään alustan eri toimintoja ja työkaluja yhteiskäytön mahdollistavassa interaktiivisessa ympäristössä. 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustaa voidaan käyttää paikallisesti tai julkisessa sekä yksityisessä pilvipalvelussa. (3DEXPERIENCE platform n.d.)

3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan käytön apuna käytetään kompassia. Kompassi toimii järjestelmässä navigoinnin apuna. Kompassin lohkot on jaettu Social & Collaborative-, Information Intelligence-, Simulation- ja 3D Modelling -sovelluksiin. (ks. kuvio 4.) Jokaisen lohkon alta löytyy aiheen mukaisia sovelluksia ja sovelluksien käyttöön tarkoitettuja rooleja, jotka mahdollistavat pääsyn eri sovelluksiin. (What is the 3DEXPERIENCE platform? n.d.) Roolien tarkoituksena on jakaa käyttöoikeuksia eri sovelluksien välillä.



Kuvio 4. Käyttöliittymän kompassi selostettuna (3DEXPERIENCE platform n.d)

Telan tuoterakenteen ja osaluetteloiden rakentamista varten tullaan tarvitsemaan 3D Modelling-, Social & Collaborative- ja Simulation-sovelluksia. SymZLig-telan tuoterakenteen ja osaluettelon luomiseen sekä simulointiin tarvitaan Catia-, Delmia- ja Enovia-sovelluksia. Catia kuuluu 3D Modelling -sovelluksiin, Delmia Simulation-sovelluksiin ja Enovia Social & Collaborative -sovelluksiin.

Catia on maailman johtava 3D-suunnittelu- ja muotoilusovellus, jota käyttävät eri alojen johtavat organisaatiot. Delmiällä voidaan suunnitella, hallinnoida ja optimoida tehokkaasti yrityksen teollisia prosesseja. (3DEXPERIENCE Portfolio n.d.) Enovia tukee kestävästä innovointia, mahdollistaen erilaisten prosessien yhteiskäytön. (Enovia 3DEXPERIENCE n.d.) Catiällä tehdään mallinnus- ja suunnittelutyö, Delmiällä prosessisuunnittelu ja Enovia toimii mm. tuotteen elinkaaren hallinnassa.

### 3 Opinnäytetyön toteutus

#### 3.1 Tutkimusasetelma

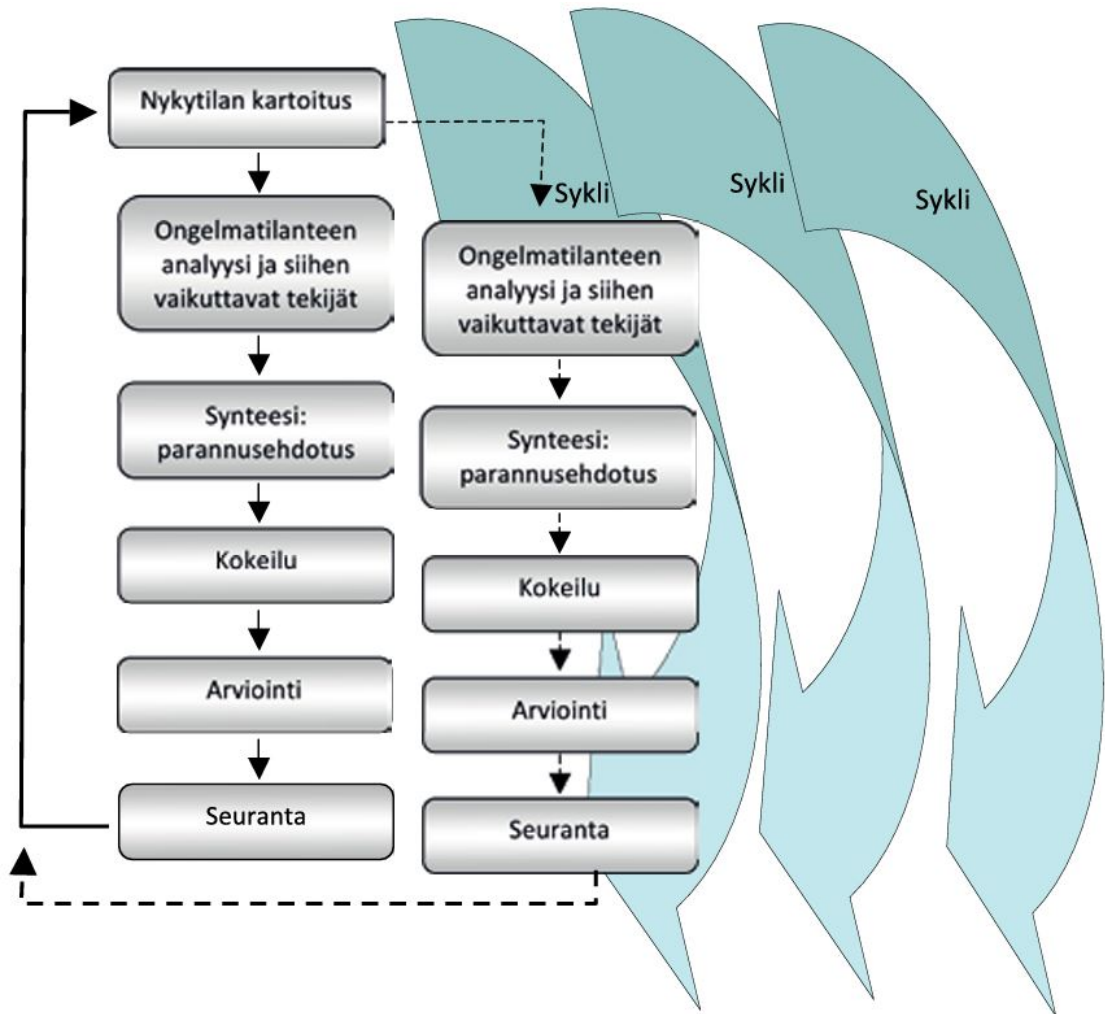
Opinnäytetyössä kehitettiin kohdeorganisaation toimintaa vaikuttamalla tutkittavaan ilmiöön. Yleisesti tieteessä tutkija ei saa vaikuttaa tutkittavaan ilmiöön, mutta toimintatutkimuksessa joudutaan rikkomaan tätä sääntöä (Kananen 2014, 16). Tässä tutki-

muksessa tuota sääntöä piti rikkoa, koska tutkittavavan kohteen toimintatapaan oli selvitettävä muutostyön lähtökohtia, eikä tarkoituksena ollut ainoastaan tarkkailla kohdetta sekä saada aikaan pelkkiä kehitysehdotuksia. Opinnäytetyön luonteen ja tavoitteen vuoksi toimintatutkimus sopii tämän tutkimuksen läpi viemiseen, eikä vain sen tutkimussääntöjä rikkovan luonteen vuoksi. Toimintatutkimusta ei pidetä yhtenä tutkimusmenetelmänä, koska siinä sekoittuvat muut tutkimusmenetelmät, kuten kvalitatiivinen (laadullinen) ja kvantitatiivinen (määrällinen). Tästä syystä toimintatutkimus on moniotteinen tutkimusstrategia. Tutkimusstrategiassa hyödynnetään muita tutkimusmenetelmiä ja niiden tiedonkeruu- ja aineiston analyysimenetelmiä. Ominaisimmat piirteet toimintatutkimukselle ovat: yhteistoiminta kohderyhmän kanssa, toiminnan kehittäminen, tutkimustyö ja tutkijan mukanaolo tutkimuksessa sekä kohdeorganisaatiossa. (Kananen 2014, 13-14 & 24; Kuula n.d.) Tutkija oli arkipäiväisesti mukana tekemässä yhteistyötä kohdeorganisaation kanssa. Tutkimustyötä tehtiin yhteistyössä ja tarkoituksena oli samalla kehittää kohdeorganisaation toimintaa.

Yleisin kohde toimintatutkimukselle on ihmisten toiminnan muuttaminen. Soveltuvimmat kohteet ovat tietyn ryhmän toiminnan muuttaminen ja/tai kehittäminen. (Kananen 2014, 15.) Tämä opinnäytetyötutkimus sivusi hiukan yleisintä käyttökohdetta, koska työn tarkoituksena ei ollut välittömästi muuttaa ryhmän toimintaa. Ryhmän, eli telasuunnittelun toimintaa on tarkoitus muuttaa pitkällä aikavälillä ja tämä opinnäytetyötutkimus oli alkuselvytys muutokselle.

### **Toimintatutkimus on syklinen prosessi**

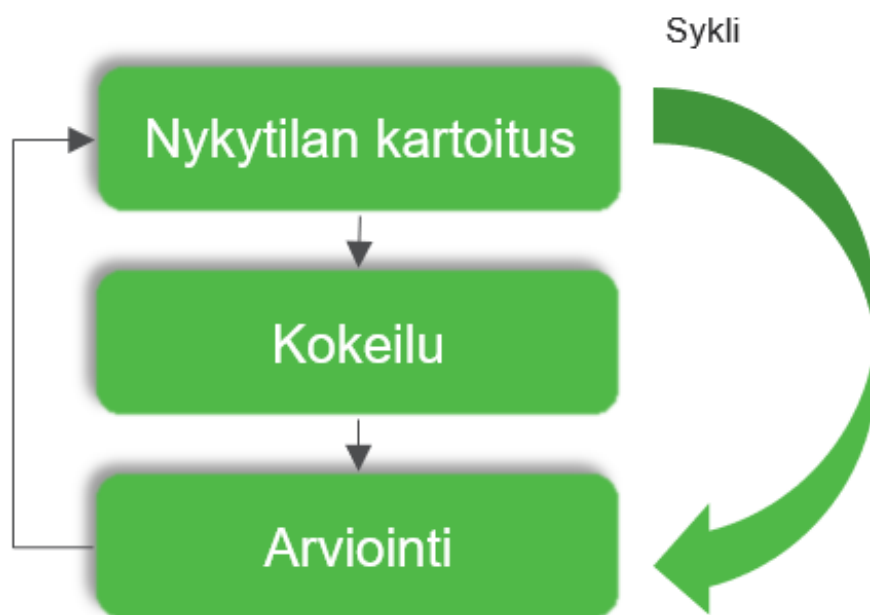
Toimintatutkimuksesta on olemassa yhtä monta vaihekaaviota kuin on aiheesta kirjoittajia. Kaikilla kuitenkin perusajatus pysyy samana ja kaavioista löytää vaiheet: ongelman määrittely, ratkaisun esitys, kokeilu, ja arviointi. Yhtä vaiheketjua kutsutaan sykliksi, jonka lopuksi tutkitaan mitä saatiin aikaan. Ensimmäisen syklin jälkeen päätetään, että tehdäänkö toinen sykli ensimmäisen syklin tietojen perusteella. Vaihtoehtoisesti ensimmäisessä syklissä voi nousta esiin uusi ongelma, joka yritetään ratkoa seuraavassa syklissä. (Mts. 2014, 12 & 33-34.) Kuviossa 5 on havainnollistettu toimintatutkimuksen vaihekaavion kulku ja syklien kierto Kananen teorian mukaan.



Kuvio 5. Toimintatutkimuksen teoreettinen vaihekaavio (Kananen 2014, 33)

Tässä opinnäytetyötutkimuksessa jouduttiin hieman rajaamaan vaiheita mm. aikataulullisista syistä. Toisaalta vaihekaavion sovituksessa opinnäytetyötutkimukseen voidaan myötäillä edellä mainittua, että toimintatutkimusten vaihekaavioita on yhtä monta kuin on aiheesta kirjoittajia. Tarkoitus oli löytää ajankäytöllisesti optimaalisin tapa käydä vaiheet läpi, jotta tutkimuksen luotettavuus pysyi hyvällä tasolla ja vaiheissa keskityttiin valideihin asioihin. Kuviossa 6 esitetään tähän opinnäytetyöhön sovellettu toimintatutkimuksen vaihekaavio, johon on jätetty välttämättömimmät vaiheet. Pois jätettiin vaiheet synteesi ja seuranta. Synteesi jätettiin pois, koska varsinaista olemassa olevaa ongelmaa ei vielä ollut, mihin olisi tarvittu parannusehdotuksia. Työn tarkoituksenahan oli selvittää uuden toimitavan rakentumista uuteen järjestelmään. Seuranta jää toimeksiantajan tehtäväksi opinnäytetyön valmistuttua, koska

se veisi mahdollisesti useita kuukausia, joten se täytyi rajata tutkimuksen ulkopuolelle. Tutkimuksen aikana esiin nousseista asioista laadittiin seurantasuunnitelma, jota toimeksiantaja voi käyttää hyödyksi tutkiessaan ilmiötä lisää. Seurantasuunnitelma esitetään luvussa 6 Tulokset ja niiden arviointi.



Kuvio 6. Opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen vaihekaavio

Kuvion 6 nykytilan kartoitus sisältää myös Kanasen (2014, 33) mainitseman Ongelmatilanteen analyysi ja siihen vaikuttavat tekijät -vaiheen, joten sitä ei ole mainittu erikseen kuviossa. Syynä tälle tulokinnalle on se, että jokaisen syklin jälkeen tilanne täytyy kartoittaa uudestaan laajemmin, eikä vain tutkia ongelmakohtia. Uuttaa nykytilaa on siis kartoitettava kokonaisuutena uuden syklin toimintoihin nähden. Vaihekaavio käytiin yhdellä syklillä lävitse, tarkasteltiin tuloksia ja esitettiin jatkokehitysideoita tehdyn tutkimuksen pohjalta. Tätä tutkimusta voidaan pitää ensimmäisenä syklinä, sillä kehitystyö jatkuu organisaatiossa uusine tutkimustavoitteineen ja sykleineen.

### Tutkimusmenetelmät

Yksinkertaisimmillaan tutkimusotteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: kvalitatiiviset (laadulliset) ja kvantitatiiviset (määrälliset) otteet. Tutkimusotteet jaotellaan eri ryh-

miin yleensä analysointimenetelmien perusteella. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa asioita tutkitaan käsitteiden sekä asioiden kautta, kun kvantitatiivinen tutkimus perustuu lukujoukkojen tarkasteluun. (Kananen 2017, 15-17.)

Kvalitatiivisella tutkimuksella pyritään löydöksiin ilman tilastollisia menetelmiä. Se voi olla mikä tahansa tutkimus, jonka tavoitteena on tutkittavaan ilmiöön perehtyminen ja siitä oman tulkinnan antaminen sanoin sekä lausein. Kvalitatiivinen tutkimus sopii parhaiten seuraavanlaisiin tilanteisiin: tutkittavasta ilmiöstä ei ole olemassa tarpeeksi teoriaa ja tutkimusta, ilmiöstä halutaan perusteellinen näkemys, halutaan luoda uusia hypoteeseja ja teorioita, triangulaation osana tai tutkittavasta ilmiöstä halutaan hyvä kuvaus. (Kananen 2014, 23; Kananen 2017, 33-36.)

Kvalitatiivisen tutkimusotteen valintaa tuki se, että tarkoituksena oli saada tutkittavasta ilmiöstä hyvä kuvaus. Kerättävä aineisto ei ole myöskään kvantitatiivisen tutkimuksen luonteen mukaista, koska aineisto ei perustunut lukuihin. (tilastolliset tunnusluvut yms.) Aineisto oli kvalitatiivisen tutkimuksen luonteen omaista, joten tuli työn lopputuloksena tutkijan tulkinta ilmiöstä sanoin ja lausein kuvailtuna.

### **Aineiston keruu ja analysointi**

Tutkimusongelman ratkaisun tulee olla totuudenmukainen, uskottava ja luotettava. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ongelmanratkaisun tuottamiseksi tarvitaan aineistoa, kuten muissakin tutkimuksissa. Kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät jaetaan kahteen tyyppiin, sekundäärisiin ja primäärisiin. Sekundääriaineisto on olemassa olevaa tietoa, esimerkiksi aiemmat tutkimukset, tilastot ja erilaiset dokumentit. Primääriaineisto tuotetaan tutkijan toimesta itse. Primääriaineisto kerätään haastattelujen, kyselyjen ja havainnoinnin avulla tutkimusongelman ratkaisua varten. (Kananen 2017, 82-83.)

Haastattelut suoritettiin teemahaastattelun teoriaa mukaillen. Teemahaastattelussa tutkija haastattelee haastateltavaa kasvotusten. Haastattelussa käsitellään jotain asiakokonaisuutta, eli teemaa, johon tutkijan kysymykset liittyvät. Teemahaastattelussa ei esitetä tarkkoja kysymyksiä, vaan kysymykset esitetään mahdollisimman laajoina, jotta kysymyksillä saadaan mahdollisimman laaja käsitys haastattelun keskiössä olevasta teemasta. Tavoitteena on saada tutkijalle ymmärrys sekä käsitys tutkitta-

vasta ilmiöstä. Ilmiötä tutkitaan monen eri teeman kautta, jotta saadaan aikaan mahdollisimman kattava ymmärrys. (Mts. 2017, 89 – 92 & 95.) Haastattelua varten tulee tehdä teemahaastattelurunko, jossa on kirjattu keskustelujen aiheet, jotka kattavat tutkittavaa ilmiötä kysymyksillään. Hyviä esitettäviä kysymyksiä ovat avoimet, hypoteettiset ja jatkokysymykset. Tämän kaltaisilla kysymyksillä saadaan laajasti tietoa, samalla osoittaen haastateltavalle mielenkiintoa ja siten haastateltavalta voi saada lisäinformaatiota. Kysymysmuodot, joita tulee välttää ovat dikotomiset ja itsestään selvät kysymykset, koska näihin voidaan vastata lyhyesti ”kyllä” tai ”ei”, eivätkä ne syvennä ymmärrystä. (Mts. 2017 97-100.)

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tulisi aineiston keruu ja sen analysointi suorittaa yhtä aikaisesti, jotta voidaan tutkia samalla aineiston riittävyttä. Aineiston määrän jäädessä pieneksi, saattaa tutkimusongelma jäädä ratkaisematta. Kvalitatiivisen tutkimuksen aineiston analysointimenetelmiä on aineiston yhteismitallistaminen (litteointi), koodaaminen ja luokittelu. Lähes aina aineiston analysointia seuraa uusi aineiston keruu, jonka tarkoitus on täydentää analysointia. (Mts. 2017, 35 & 131.) Tutkimusaineiston analysoinnissa käytettiin osittain kvantitatiivisen tutkimusotteen piirteitä, koska analysoinnin apuna käytettiin lukujoukkoja sekä prosenttilukuja.

Opinnäytetyössä täytyy olla luotettavuustarkastelu, koska muutoin tutkimustyöhön ei välttämättä voida luottaa ja pahimmissa tapauksessa tutkimus voidaan hylätä. Tutkimuksen luotettavuutta täytyy tarkastella alusta alkaen, jotta saadaan aikaan mahdollisimman laadukas ja luotettava tutkimus. Luotettavuuden mittareina kvalitatiivisessa tutkimuksessa toimivat luotettavuuskäsitteet, reliabiliteetti ja validiteetti. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tulosten pysyvyyttä ja validiteetilla tarkoitetaan tutkittavien asioiden oikeellisuutta. Tulosten pysyvyydellä tarkoitetaan sitä, että jos tutkimus tehdään uudestaan tulokset eivät muutu, vaan päädytään samaan lopputulokseen. Tutkimuksen luotettavuutta lisää, jos työssä käytetään hyödyksi triangulaatiota, eli tutkimuksessa yhdistetään eri menetelmiä ja lähteitä. Erilaisia triangulaation muotoja ovat aineisto-, teoria-, menetelmä- ja tutkijatriangulaatio. (Mts. 2017, 174-175 & 154-155.)

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe on täsmentää tutkimusongelma. Täsmennyksen apuna käytetään kysymyksiä, joilla voidaan saavuttaa ratkaisu ongelmaan. Tutkimus-

ongelmaa määritetään mitä-kysymyksillä, joita pidetään jokaisen tutkimuksen lähtökohtana. Toimintatutkimuksen alussa tutkimusongelman täsmennettyä, ongelmaa lähdetään ratkomaan esittämällä miten-kysymyksiä. Miten-kysymyksillä saadaan kaivettua tutkimusongelmaan vaikuttavia asioita. Tästä vaiheesta voidaan jalostaa tutkimusta esittämällä miksi-kysymyksiä, joilla saadaan syvällisempää tietämystä tutkimusongelmasta. (Kananen 2014, 30-33.) Opinnäytetyön tutkimusongelma oli täsmennetty valmiiksi toimeksiantajan tarpeen puolesta, joten tutkija ei täsmentänyt tutkimusongelmaa, vaan tutkija laati tutkimuskysymykset. Tutkimuskysymysten laadinnassa pohdittiin mahdollisimman validit asiat tutkimusongelmaan peilaten. Kysymyksiin oli tarkoitus saada mahdollisimman luotettavat tutkimustulokset. Ongelman kuvauksen, tutkimuksen tavoitteiden ja tutkimusstrategian teorian pohjalta syntyivät seuraavat opinnäytetyön tutkimuskysymykset:

- miten osaluettelo muodostuu uuden toimintatavan mukaan?
- miten yhdistettävissä nykyinen ja uusi osaluettelo ovat?

### 3.2 Tutkimusaineisto

Jotta tutkimukseen saatiin luotettavuutta, käytettiin aineiston keruussa aineistotriangulaatiota. Aineistotriangulaatiossa aineistoa kerätään useammalla keruumenetelmällä (Kananen 2017, 154). Käytetyt keruumenetelmät olivat sekundäärinen ja primäärinen. Primääriaineistoa edusti oma havainnointi sekä haastattelut. Haastattelujen ideana oli tukea tutkijan omaa havainnointia, jotta tutkimuksesta ei tullut turhan yksipuolinen ja vain yhden ihmisen tulkinta aiheesta. Sekundääriaineistoa edusti aikaisemmin tehty diplomityö sekä Valmetin 3DEXPERIENCE:n kehitystiimin laatimat tutkimukset. Aineiston keruun apuna käytettiin aineistopäiväkirjaa, johon kirjattiin havaintoja vastaan tulleista seikoista. Aineistopäiväkirjan pohjalta koottiin aineistoa analysointia varten.

#### **Aiemmat tutkimukset**

PDM-järjestelmän käyttöönotosta, tuotteen elinkaaren hallinnasta ja tuotekehityksestä ollaan tehty useita opinnäytetyötutkimuksia ja diplomitöitä. Suoraa hyötyä niistä ei ole, koska 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustaan kohdistuvia töitä ei juuri ole tehty tai ainakaan niitä ei ole julkaistu. Tutkimusten vähäisyys johtunee siitä, että



3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan kokonaisvaltainen käyttö on melko alkuvaiheessa, ainakin Suomen teollisuudessa.

Oulun yliopiston arkistosta löytyy diplomityö, joka käsittelee miltei suoraan tämän tutkimuksen aihepiiriä. Diplomityö on nimeltään ”Valmistusosaluettelon muodostaminen modulaariselle tuotteelle” ja sen on tehnyt Lauri Laakko vuonna 2018 Valmetin Board and Paper Machines Technology Unit:iin kuuluvaan perälaatikonsuunnitteluun. Laakon tekemässä tutkimuksessa on tuotu tärkeitä asioita esille, mitä tarkastellaan kriittisesti. Diplomityön tuloksista ja ratkaisuista tulee ottaa huomioon se, että moni asia on saattanut muuttua nykyhetkeen mennessä. Ilmiöön on voinut vaikuttaa se, että tutkimustyö 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan parissa on jatkunut diplomityön loppuun saattamisen jälkeen ja uusia käytäntöjä on voitu päättää käytettävänä.

3DEXPERIENCE:n kehitystiimi on työskennellyt aiheen parissa jo useamman vuoden ajan. Uutta toimintatapaa ja -ympäristöä on tutkittu jo vuodesta 2015 alkaen, joten siitä löytyy aineistoa Valmetin omista arkistoista. Aineistosta löytyy Dassault Systèmesin omia esittelyjä 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustasta ja erilaisia workshop-harjoituksia. Eniten kerätyssä aineistossa kiinnostaa kehitystiimin itse tekemät workshop-simulaatiot, joissa on kuvattu Valmetin omiin prosesseihin liittyviä toimintoja. Haasteellista aineistossa on se, että sitä pitää tutkia hyvin kriittisesti, koska useimmissa workshop-simuloinneissa kohdeorganisaationa toimii perälaatikkosuunnittelu, ja perälaatikko- ja telasuunnittelu eroavat toimintatavoiltaan.

### 3.2.1 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan käyttökoulutus

Ohjelmistoalustan käyttöön liittyvää havainnointia saatiin muun muassa käyttökoulutuksesta, johon tutkija osallistui opinnäytetyön tekemisen aikana. 3DEXPERIENCE:n kehitystiimin jäsenet pitivät käyttökoulutuksia Valmetin tiloissa. Aluksi koulutuksissa käytiin perusteet osaluettelon luomiseen ja sen linkittämiseen 3D-mallin rakenteen kanssa. Alun jälkeen koulutukset olivat lähinnä workshop-tyylisiä tilaisuuksia, joissa simuloitiin erilaisia tilanteita. Hyvänä esimerkkinä käydyistä simuloinneista on tilanne, jossa suunnittelija vapauttaa MBOM:n tasoja tuotannosuunnittelijalle muutostyön jälkeen, eli käytiin tuotteen muutoksen hallinnan etenemistä lävitse.

Workshop-päivien lisäksi tutkija on opiskellut itsenäisesti ohjelmistoalustan työkaluja ja toimintaympäristöä. Tämä on ollut tärkeää, koska workshop-päivillä ei käyty perustoimintoja, vaan niillä oli aina jokin tietty teema, jonka ympärillä työskenneltiin. Itseopiskelu auttoi tutkijaa ymmärtämään paremmin tutkittavaa ilmiötä sekä ohjelmistoalustalla työskentelyä. Dassault Systèmesin käyttäjäyhteisöt olivat hyviä lähteitä eri asioiden tutkimiseen.

### **Tutkijan aikaisempi kokemus**

Tutkijalle on kertynyt kokemusta Dassault Systèmes -sovelluksista ammattikorkeakoulussa ja kohdeorganisaatiossa hoidetuissa tehtävissä. Tutkijan kokemukset ohjelmistoista loivat tutkimuksessa tapahtuneelle havainnoinnille luotettavuutta, koska tutkija osasi keskittyä valideihin asioihin ja siten havainnoinnissa pysyttiin rajatussa alueessa.

### **3.2.2 Haastattelut**

Haastattelujen tarkoitus oli selvittää opinnäytetyötutkimuksen nykytilaa. Nykytilan kartoituksessa selvitettiin tuotehallinnan nykytilaa, jonka tueksi otettiin elinkaaren hallinnan teema, koska tuotetiedon hallinta on osa laajempaa tuotteen elinkaaren hallintaa. Myös jatkossa elää mahdollisuus, että uusi tuotetiedon hallinnan toimintatapa vaikuttaa myös jollain tavalla tuotteen elinkaaren hallintaan.

Haastattelut käytiin teemahaastattelun teoriaa mukaillen. Haastatteluja varten laadittiin teemahaastattelurunko, joka löytyy liitteestä 1. Haastatteluja tehtiin kaksi, missä haastateltavina olivat kaksi telasuunnittelun asiantuntijaa. Telasuunnittelun asiantuntijoita haastateltaessa oli tarkoitus selvittää nykyinen proseduuri tuotetiedon hallinnasta, keräten tukimateriaalia tuotteen elinkaaren hallinnasta. Haastateltavat telasuunnittelun asiantuntijat ovat molemmat olleet vuosikymmeniä töissä Valmetilla. Haastateltavat olivat telasuunnittelutiimin esimies ja suunnittelupäällikkö. He ovat muun muassa olleet ideoimassa ja luomassa nykyistä PDM-järjestelmää.

Haastatteluja ei äänitetty tai niistä ei tehty yhteismitallistamista (litterointia) niin laajasti kuin sen voisi tehdä. Äänitteitä ei tehty, koska haluttiin rajata työmäärää. Äänitteiden sijaan haastatteluista tehtiin muistiinpanot aineistopäiväkirjaan ja niiden pohjalta koottiin tärkeimmät asiat yhteen. Aineisto koottiin yhteen taulukkomuotoon,

jotta analysointi oli helpompaa. Aineistoa analysoitiin siten, että asiat luokiteltiin tärkeyden perusteella värikoodein. Analysoidun aineiston koonti löytyy liitteestä 2.

## 4 Nykytilan kuvaus

Telan elinkaaren hallinta on telasuunnittelun vastuulla suunnittelun, valmistuksen sekä takuun ajan. Tuolla aikavälillä telan elinkaaren hallintaan kuuluu tietojen lisääminen sekä päivittäminen erillisiin tietokantoihin, joihin syötetään paljon samaa tunnistetietoa. Tietokantoja ovat muun muassa CoMPass sekä Tasman. Notes:sta löytyy myös muita erillisiä tietokantoja, joihin luodaan telakortteja.

Nykyinen PDM-järjestelmä on räätälöity Valmetin tarpeisiin, missä ohjelmistoalustana on käytetty eMatrixia. Valmet on hankkinut ohjelmistoalustan vuonna 2000, kun se on ollut vielä osa Metso-konsernia (Valmetille internet-pohjainen... 2000). Nykyäänä PDM-järjestelmä on suuressa roolissa Valmetin toiminnoissa, koska sitä käytetään globaalisti monien eri organisaatioiden kautta. Järjestelmä on suuressa roolissa suunnittelussa, koska se on jokapäiväisessä käytössä nimikkeiden, tuoterakenteiden ja osaluetteloiden luomisessa sekä muutosten hallinnoinnissa. PDM-järjestelmän tärkein osa-alue on nimikkeiden vapauttaminen eteenpäin valmistusketjussa. Ilman nimikkeiden vapauttamista tuotannolla ei ole tietoa valmistettavista tuotteista, eikä hankinnalla ostettavista tuotteista. Nykyisessä PDM-järjestelmässä myös kohtalaisen tärkeä asia on Legacy Datan hallinnointi. Legacy Data tarkoittaa perintötietokantaa, joka sisältää yritysostojen myötä saatuja nimike- ja tuotetietoja.

Telasuunnittelussa Top to Down -toimintamallin mukaan PDM-järjestelmässä toimitaan siten, että projektin alussa varataan nimiketunnukset. Samoja nimiketunnuksia käytetään myös esimerkiksi Catiassa eri objektien attribuuttitiedoissa. Varatuista nimikkeistä suunnittelija lähettää PN-ilmoituksella (Production Notification) tuotannosuunnitteluun mallinmukaisen Skeleton-rakenteen, johon kuuluu omavalmisteenimikkeet. Tuotannosuunnittelu ohjaa rakenteen nimikkeet joko osto- tai valmistusjonoon. Skeleton-rakenteen ilmoituksessa nimikkeet eivät ole vapautettuja, vaan tarkoitus on informoida tuotannosuunnittelua uusista nimikkeistä, joita on tulossa valmistukseen. Muita PN-ilmoituksia lähetetään suunnittelutyön edetessä pitkän toimi-

tusajan nimikkeistä, osto-osista ja telan valmistuttua nimikkeen vapautuksesta. Nimikkeen vapautuksen jälkeen voi tulla tarve tehdä muutoksia kyseiseen nimikkeeseen. Tästä muutostyöstä tuotannosuunnittelua informoidaan ECN-ilmoituksella (Engineering Change Notification).

Toimitusprojektitoiminnassa edellä mainittu on perustapaus, jossa varataan nimikkeet, lisätään perustiedot ja rakennetaan osaluettelo. PDM-järjestelmässä on myös mahdollisuus kopioida vanhojen projektien osaluetteloita. Kopiointi toimii siten, että nimike saa uuden nimiketunnuksen vanhan nimikkeen tiedoilla. Kaikki tiedot siirtyvät vanhasta nimikkeestä, paitsi vanhaan nimikkeeseen kohdistettu piirustus.

### **Rajoittavia tekijöitä tutkimukseen**

Aineiston keruussa nousi määrääviä huomiota osaluetteloiden hallinnoinnista. Tutkimuksen kannalta hyvin tärkeä asia on, että telasuunnittelu tahtoo pysyä nykyisessä Top to Down -toimintamallin mukaisessa tuoterakenteessa ja osaluettelossa, koska toimintamallia ollaan suunniteltu sekä toteutettu yhdessä koko valmistusketjun kanssa. Toinen asia, joka vaikuttaa tutkimukseen on se, että Valmetilla ei ole käytössään Enovian EBOM Management -sovellusta, jolla voitaisiin luoda ja hallinnoida suunnittelun osaluettelo. EBOM:n sisältö on tarkoitus olla yhdistettynä 3D-mallin rakenteeseen, joka koostuu Physical Product -objekteista. Tutkimuksessa tarkastellaan suunnittelun uuden osaluettelon syntymistä MBOM:n avulla, mikä luodaan EBOM/CAD-rakenteen yhdistetystä rakenteesta. Kolmas tekijä, joka vaikuttaa tutkimukseen on mallinnusmetodologia. Valitun telatyypin tuotemallissa on mietitty sen ohjattavuutta ja käyttöä järkeväksi suunnittelutyöhön nähden, joten tuotemallin rakennetta ei ole järkevää muuttaa.

## **5 Toimintatavan simulointi**

### **5.1 Simulaatiosuunnitelma**

Opinnäytetyötutkimusta varten simuloinnit tehtiin 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan R2018x-versiolla, joka on tällä hetkellä ainoastaan testikäytössä. Valmetilla on tuotantokäytössään R2015x-versio, josta tulee pääsuunnittelualusta, kun vanhasta Catia

V5:sta saadaan siirrettyä kaikki tarvittava data 3DEXPERENCEn tietokantaan. Tutkimuksen aikana toimittiin TEST1-ympäristössä, joka on luotu uuden toimintatavan testausta ja simulointia varten R2018x-versiossa. Tutkimuksen seuranta helpotettiin laatimalla simulaatiosuunnitelma (ks. taulukko 1.), jonka avulla hahmotetaan kookusti tavoitteen ja tutkimuskysymysten mukaiset asiat. Samalla simulaatiosuunnitelma toimi palavereissa työnkulun esittämisessä.

Taulukko 1. Simulaatiosuunnitelma

Vaihe	Vaihekuvaus	Huomiot
1.	R2018x-ympäristöön projektikansio, johon voidaan rakentaa SymZLig-tela. Kansio on kätevä tapa koota kaikki mahdolliset simulaatioissa luodut tiedostot.	JKLSJOBESSE_THESIS_STUDY
2.	Luodaan SymZLig-telan tuoterakenne R2018x-ympäristöön.	Malliprojekti RAUZS07924
3.	Luodaan malliprojektista tuoterakenne Excelliin	Vertailua ja raportointia varten
4.	MBOM:n luonti	CAD-mallin rakenteesta
5.	Osaluettelodokumentin ja MBOM:n vertailu	Suunnittelu, tuotannonohjaus, valmistus, osto ja asiakas tarvitsevat nykyisen osaluettelon mukaisen dokumentaation
6.	Eri nimiketyyppien ohjaus	VAL-nimike, jolla ei ole 3D-geometriaa
7.	Skeleton-rakenteen lähetys tuotannosuunnitteluun	Tähän aiheeseen tutustutaan, ei tutkita syvällisesti.

## 5.2 MBOM:n luonti

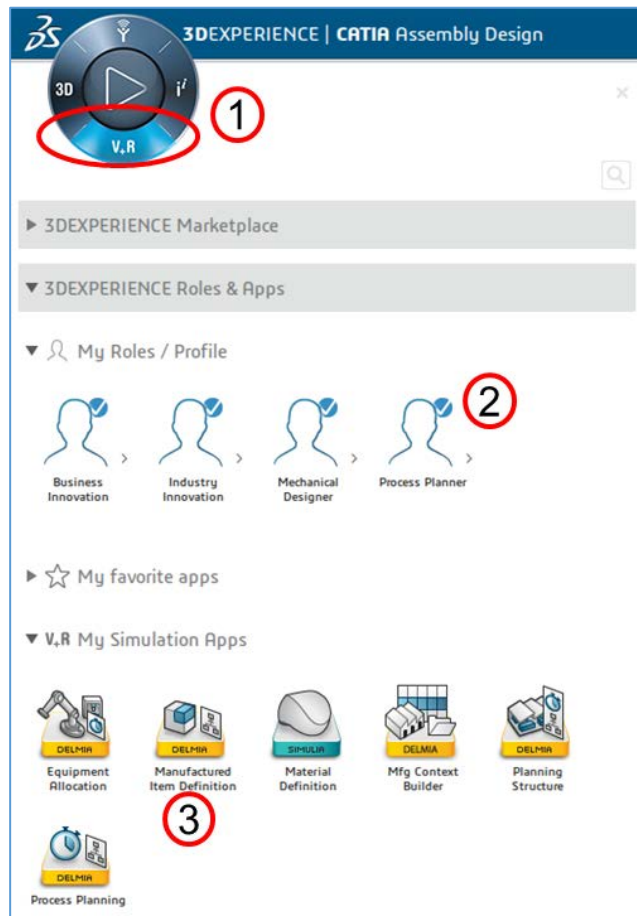
SymZLig-telan rakenne siirrettiin R2015x-ympäristöstä R2018x-ympäristöön. Valittu malliprojekti on mallinnettu R2015x-ympäristössä ja malliprojektin 3D-data sekä piirustukset vietiin Export-toiminnolla .3dxml-tiedostomuotoon. Kun Export-toiminto oli pakannut datan yhteen tiedostoon, se voitiin tuoda R2018x-ympäristöön Import-toiminnolla. Siirto-operaation jälkeen tutkimuksessa oli käytettävissä oikeassa suunnittelutyössä käytetty 3D-malli. Samalla säästettiin aikaa, koska tutkijan ei tarvinnut rakentaa itse 3D-mallin puurakennetta, jota olisi simuloitu osaluettelon luonnissa. Val-

miissa 3D-mallissa oli myös se etu, että asioita pystyi havainnollistamaan paljon paremmin, kun tasoja edustivat konkreettiset 3D-mallit. Kaikki tutkimustyössä käytetyt 3D-mallit ja MBOM:t koottiin JKLSJOBESE\_THESIS\_STUDY -katalogiin. Tässä työssä ei esitetä telan tuoterakennetta missään muodossa, koska Valmet haluaa pitää kiinni tuotesuojauksesta.

MBOM luodaan Delmian Manufactured Item Definition -sovelluksella. Sovellus kuuluu Simulations-sovelluksiin (kompassin eteläinen nappi) ja se on käytettävissä Process Planner -roolin kautta. MBOM on mahdollista muodostaa kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on siirtyä Catialla luodun 3D-mallin kautta Manufactured Item Definition -sovellukseen. Toinen tapa on siirtyä ilman 3D-mallia. 3D-mallin kautta siirtyessä sovellus luo PPRContextin, jonka alle kuuluu 3D-mallin päätaso ja tyhjä Manufacturing Assembly -taso. Ilman 3D-mallia sovellukseen siirtyminen luo PPRContextin, johon kuuluu ainoastaan Manufacturing Assembly -taso. Tähän PPRContextiin voidaan linkittää myöhemmin 3D-malli. (Laakko 2018, 52 – 53.)

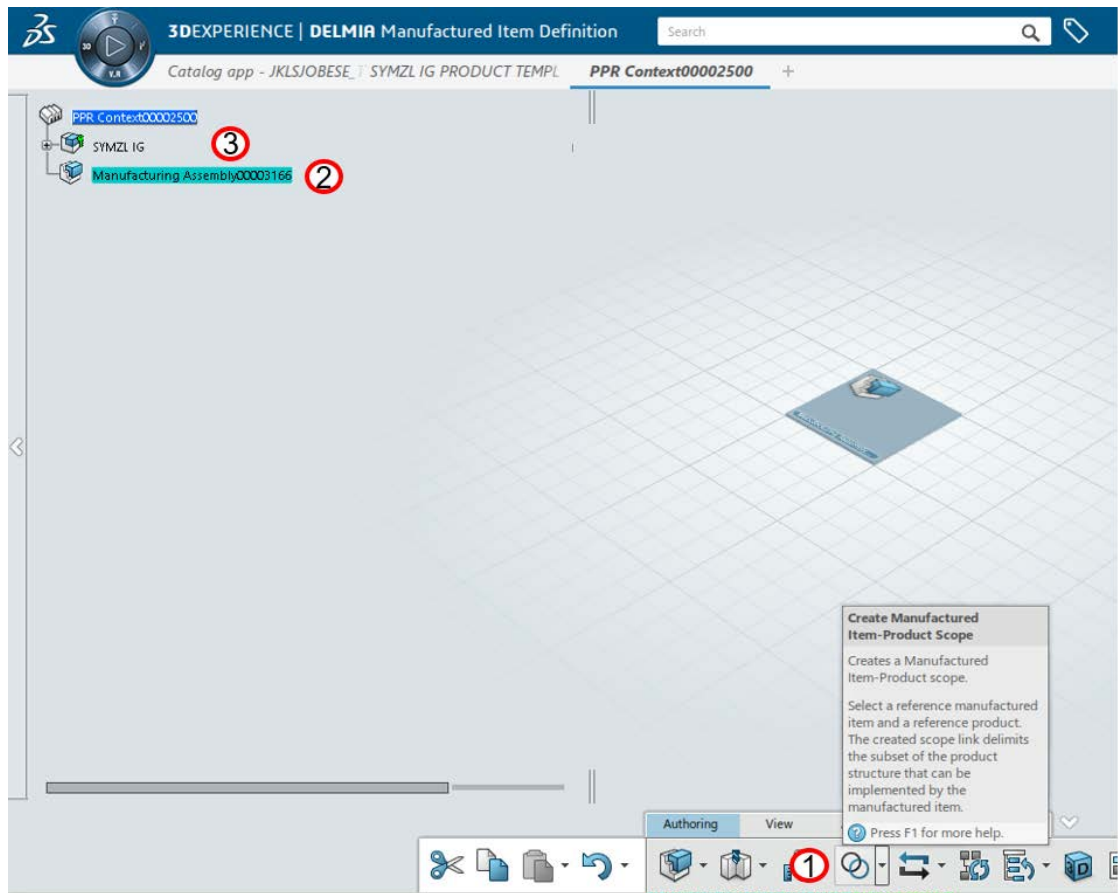
### 5.2.1 Automaattinen MBOM:n luominen

SymZLig-telalle voidaan tehdä MBOM automaattisia työkaluja hyödyntäen. Kuviossa 7 esitetään, kuinka siirrytään 3D-mallin puolelta Manufacturing Item Definition -sovellukseen. Valitaan Simulation-sovellukset (1), varmistetaan Process Planner -roolin aktiivisuus (ilman roolia sovellusta ei löydy) (2) ja valitaan sovellus (3). PPRContextin avaamisessa täytyy huomioida se, että 3D-mallin ei tarvitse olla Catian työpöydällä auki, vaan MBOM:n luomiseen voidaan siirtyä esimerkiksi Enovian työpöydältä. Tärkeintä on se, että 3D-malli on auki, mistä päästään siirtymään Delmian työpöydälle ja Manufactured Item Definition -sovellukseen siten, että haluttu 3D-malli on mukana PPRContextissä.



Kuvio 7. Manufactured Item Definition -sovellus

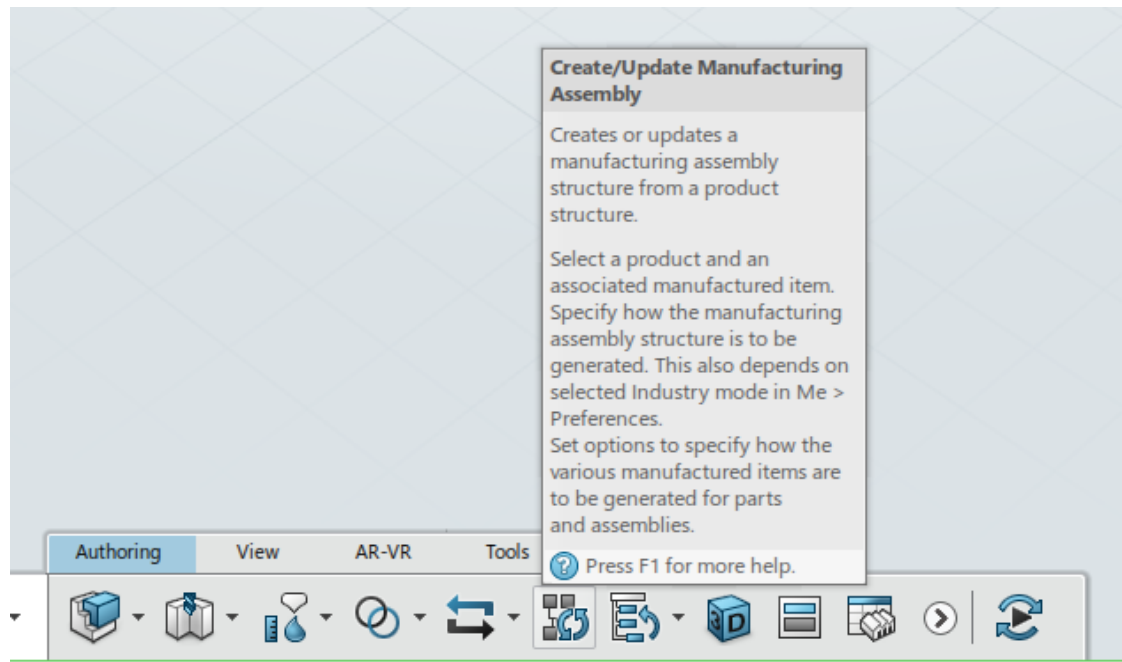
Siirtymällä sovellukseen luodaan PPRContext, jossa on telan 3D-mallin rakenne (ylempi) ja tyhjä Manufacturing Assembly -taso (alempi). Nämä kaksi tasoa linkitetään Manufactured Item – Product scope -työkalulla. (ks. kuvio 8). Työkalun aktivoinnin (1) jälkeen valitaan PPRContext-rakenteesta Manufacturing Assembly (2) ja sen jälkeen telan 3D-mallin rakenne (3). Linkityksien tulee olla kunnossa, jotta 3D-mallin objekteihin asetetut attribuuttitiedot välittyvät MBOM:iin. Product scope -linkkien kanssa täytyy olla tarkkana, koska luotu linkki ei häviä, vaikka PPRContextin osia poistettaisiin rakenteesta. Product scope täytyy poistaa erikseen nimikkeestä, jos sitä ei haluta MBOM:iin ja sen jälkeen vasta poistaa rakenteesta. Muutoin samalle nimikkeelle on monta linkkiä, joka aiheuttaa sekaannuksia MBOM:n ohjauksessa.



Kuvio 8. Päätasojen linkittäminen Manufactured Item Definition -sovelluksessa

Kun päätasoihin on saatu luotua Product scope -linkki, voidaan lopuillekin tasoille luoda linkitykset. Linkitykset luodaan lopuille tasoille Create/Update Manufacturing Assembly -työkalulla, joka luo MBOM:lle rakenteen automaattisesti (ks. kuvio 9). Samalla työkalulla saadaan päivitettyä MBOM:n rakenne, jos 3D-mallin rakenteeseen ja sen tasojen attribuutteihin ollaan tehty muutoksia. Työkalun aktivoinnin jälkeen valitaan tasot, joihin halutaan luoda rakenne. Tässä tapauksessa valitaan molempien rakenteiden päätasot, eli ne tasot, jotka linkitettiin keskenään edellisessä vaiheessa.

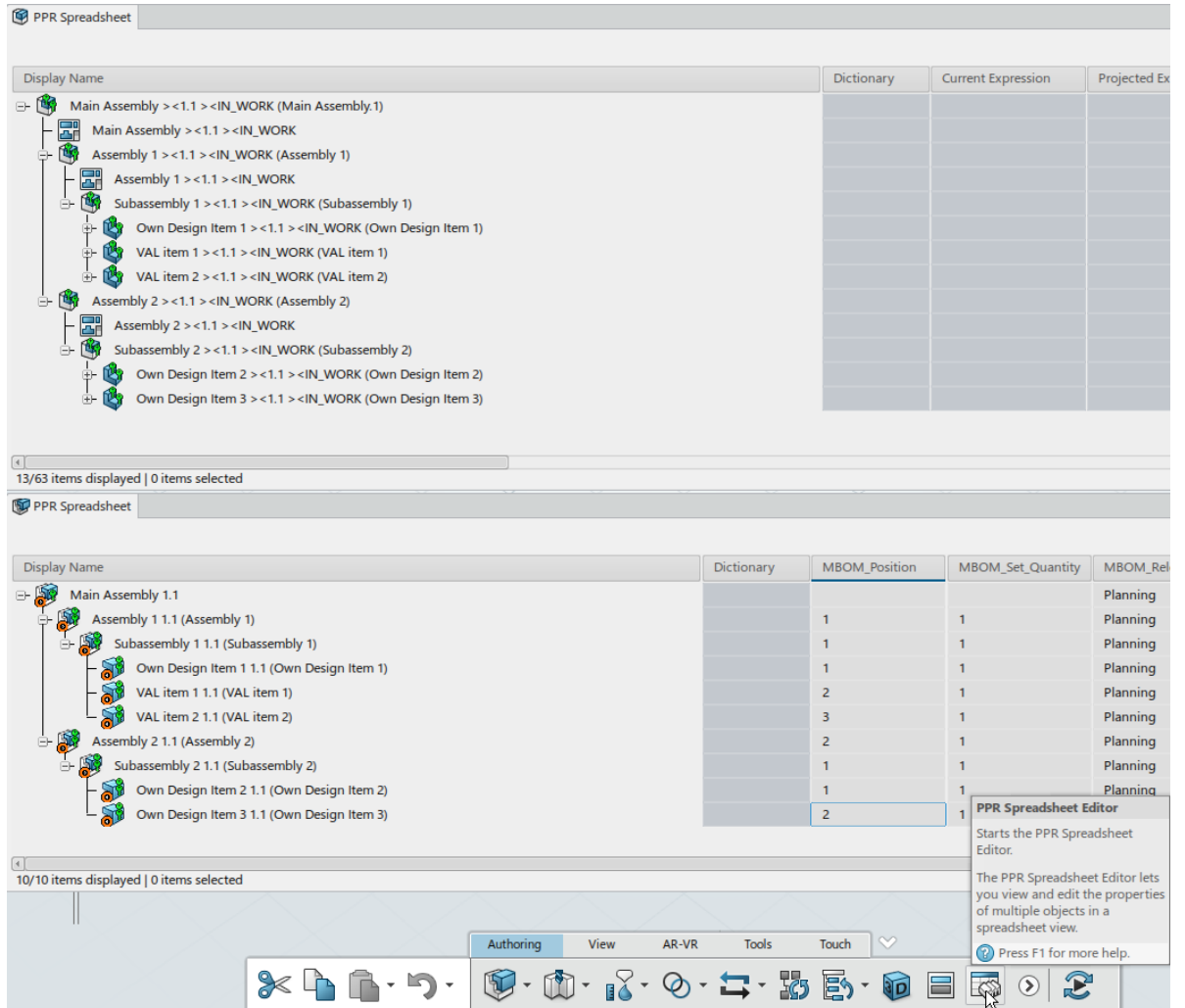




Kuvio 9. Create/Update Manufacturing Assembly -työkalu

Manufacturing Assemblyn luomisen tuloksena syntyy samanlainen rakenne kuin 3D-mallin rakenteesta Product- ja Part-tasojen suhteen. 3D Shape-, Body- ja Drawing-tasot sekä mallinnustekniset tasot, kuten Engineering Connections, eivät siirry MBOM:n rakenteeseen. MBOM:ssa näkyvät vain valmistettavat sekä ostettavat kokoonpanot ja osat.

Tuoterakenteita voidaan tarkastella ja muokata helpommin PPR Spreadsheet Editorin avulla, jossa voidaan muokata attribuuttitietoja, rakenteiden välisiä linkityksiä sekä MBOM:n rakennetta. (ks. kuvio 10.) PPR Spreadsheet Editorin näkymä muistuttaa hiukan nykyistä PDM-järjestelmää, mikä voi olla suunnittelijaa helpottava seikka, kun tulevaisuudessa uuteen osaluettelon luomistapaan ollaan siirtymässä. Tutkimuksen aikana tehdyissä simuloinneissa käytettiin PPR Spreadsheet:iä ja simulointien aikana huomattiin ohjelmointivirheitä ohjelmistoalustaan asetetuissa toiminnoissa attribuuttitietojen merkitsemisessä sekä päivittämisessä. Ohjelmointivirheet olivat lähinnä sellaisia, että tiedot eivät päivittyneet tai tiedot eivät jääneet tekstikenttään, vaan nollaantuivat enteriä painaessa.



Kuvio 10. PPR Spreadsheet Editor -työkalu

### Suunnittelun osaluettelon ja MBOM:n vertailu

Vertailussa tutkittiin nykyisen Top to Down -toimintamallin mukaisen suunnittelun osaluettelon ja MBOM:n rakenteen eri variaatioiden yhtäläisyyksiä. Vertailua varten luotiin Excel-pohja nykyisestä osaluettelosta. Telan osaluettelo saatiin PDM-järjestelmästä tuotua raporttina exceliin, mutta raportin siirrossa oli ongelmana, että osaluettelon rakenne katoaa ja raportista tulee pelkistetty lista nimikkeistä sekä niiden tiedoista. Raportista hyötyi siten, että siitä oli mahdollisuus kopioida isoina massoina tietoja uuteen työkirjaan. Telan tuoterakenne rakennettiin uuteen excel-työkirjaan mukaillen PDM-järjestelmässä olevaa rakennetta. Excelin Ryhmittele-toiminnolla saatiin myös luotua mahdollisuus pienentää tuoterakennetta ja siten siitä saatiin helppolukuisempi. (ks. kuvio 11.)

1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
				Positio	Nimike								Määrä					
					XXXXXX		Pääkokoonpano											
				1	XXXX1			Kokoonpano A			1.0 pc			Kaikki ok				
				1	XXX11				Osa A1		2.0 pc			Osa A1 on eri tasolla				
				2	XXX12				Osa A2		4.0 pc			Kappalemäärät erikseen omina tasoina MBOM:lla				
				3	XXX13				Osa A3		1.0 pc			Puuttuu				
				2	XXXX2			Kokoonpano B			1.0 pc			Rakenne-ero				
				1	XXX21				Osa B1		1.0 pc			Kaikki ok				
				2	XXX22				Osa B2		3.0 m			Miten merkitään materiaalinenekki?				

Kuvio 11. Periaatekuva exceliin rakennetusta tuoterakenteesta

Lopputuloksena syntyi excel-työkirja, jossa on SymZLig-telan PDM-järjestelmän mukainen tuoterakenne, jossa on positionumerot, nimikkeet, nimikkeen kuvaus ja määrä. Tuoterakenteeseen merkittiin myös Top to Down -toimintamallin mukaiset skeleton-rakenteeseen kuuluvat nimikkeet. Excel-tuoterakenteen idea oli toimia visuaalisena raporttina, josta voi tehdä helposti johtopäätöksiä. Visuaaliseksi raportin tekee se, että vertailussa on käytetty värikoodausta ilmaisemaan nimikkeiden tilaa osaluetteloiden välillä. Excel-pohjaan on myös kommentoitu, jos jotain poikkeavaa on löytynyt ja sille on löydetty jokin juurisyy. Taulukossa 2 on kootusti ilmaistuna värikoodausten selitys sekä esiintymien määrä osaluetteloiden vertailussa.

Taulukko 2. Automaattisesti luodun MBOM:n värikoodien esiintymätaulukko

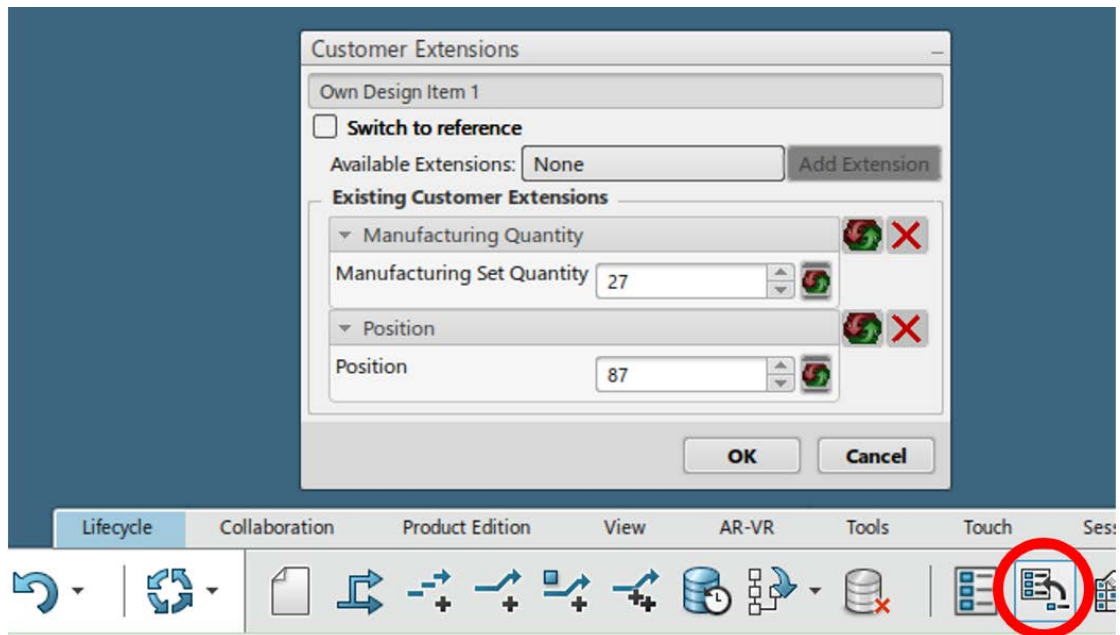
Värikoodi	Selite	Esiintymien määrä	Prosenttia kokonaismäärästä
Vihreä	Attribuuttitiedot saadaan lisättyä ja nimike löytyy samalta tasolta MBOM:sta	84	27%
Keltainen	Osaluetteloiden rakenteiden välillä on eroavaisuuksia	198	64%
Punainen	Jokin on vialla	27	9%
Nimikkeet yhteensä		309	100%

Vertailussa nousi hyvin nopeasti esille, että nykyisen mallinnusmetodologian mukaan MBOM:n rakenne eroaa paljon Top to Down -mallin mukaisesta rakenteesta. Rakenteiden eroavaisuus ei ole hyvä asia, koska Top to Down -toimintamalli halutaan säilyttää. Nykyisen mallinnusmetodologian muuttaminen ei ole myöskään vaihtoehto, koska nykyisellä menetelmällä 3D-mallin ohjaus on järkevää.

Vihreän värikoodin saaneet tasot ovat pääasiassa osakokoonpanojen alla olevia itse suunniteltuja sekä osto-osia (VAL-nimikkeitä). Keltaiset tasot ovat suurimmaksi osaksi osto-osia, jotka ovat eri tasoilla rakenteiden välillä. Syynä rakenne-eroille on se, että 3D-mallin rakenteessa on käytetty osto-osille (ruuvit, liittimet yms.) koontikokoonpanoja, joiden alla osto-osien tasot ovat erikseen, eli sama osa näkyy useaan kertaan myös MBOM:n puolella. Suurin osa myös skeleton-rakenteen nimikkeistä ovat keltaisella värikoodilla. Punaisen värikoodin saaneet tasot joko puuttuvat kokonaan tai valmistusmäärän merkitsemisessä on ongelmia. Joillain tasoilla oli puutteita, koska ei oltu noudatettu mallinnusmetodologian mukaisia oppeja. Esimerkiksi tasoille oli tehty aihion ja koneistuspiirteiden mallinnukset väärille tasoille. Tämä tarkoittaa sitä, että tasoja täytyy luoda itse MBOM:n rakenteisiin ja lisätä tarvittavat tiedot käsin. Valmistusmäärän merkitsemisessä ongelmaksi nousivat erilaiset suureet, koska teloihin menee myös nimikkeitä, joiden materiaalimenekki merkitään pituuden tai pinta-alan mukaan, eli kappalemäärän merkitseminen ei sovi näille nimikkeille.

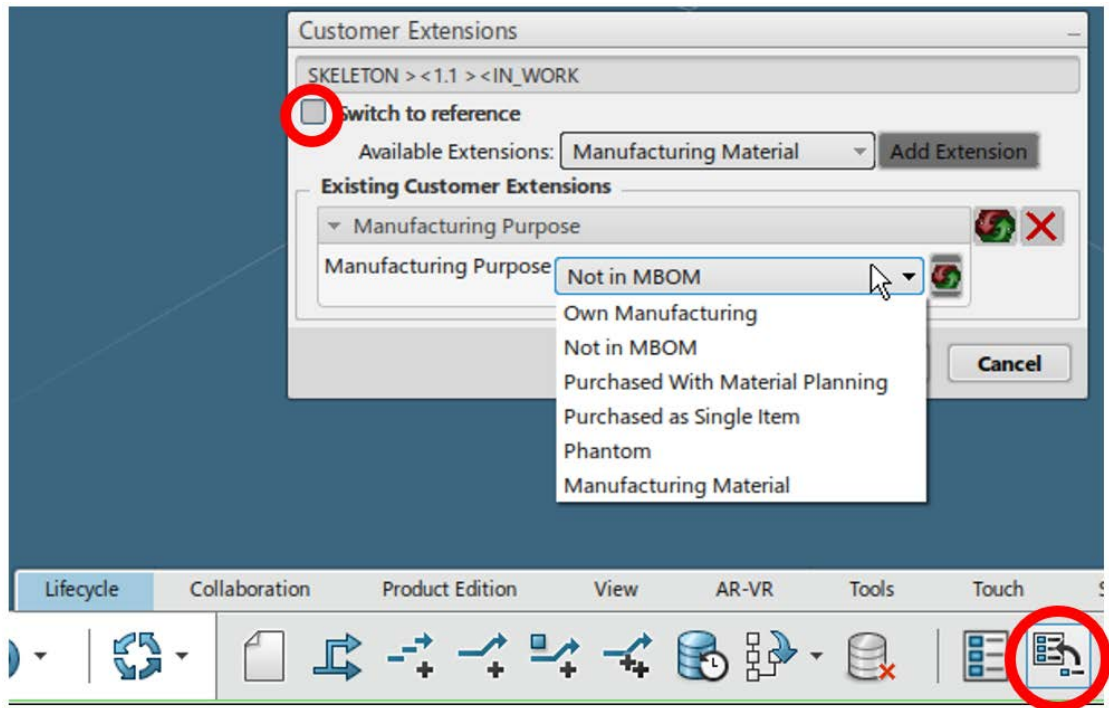
### **Customer Extensions**

3D-mallin ja MBOM:n rakenteita saadaan muutettua käyttämällä Enovian Collaborative Lifecycle Management -sovelluksessa Customer Extensions -työkalua. Työkalun avulla voidaan muuttaa Part- tai Product-tasojen attribuuttitietoja, kuten positionumeroita ja valmistusmäärää. Tasoille voidaan myös määrittää eri valmistustarkoituksia ja materiaalitietoja. Kuviossa 12 on määritetty eräälle Part-tasolle positionumero ja valmistusmäärä.



Kuvio 12. Attribuuttitietojen lisääminen 3D-mallin tasolle

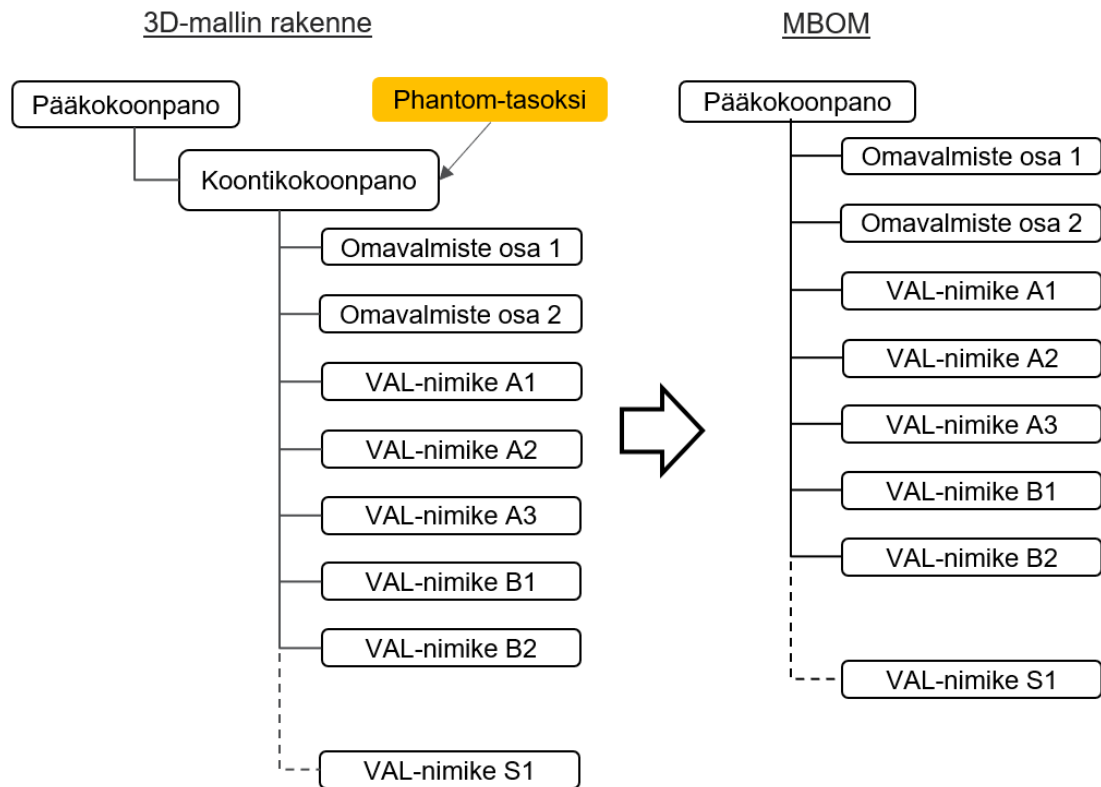
Customer Extensions -työkalussa voidaan asettaa tasolle valmistustarkoituksia (Manufacturing Purpose), joiden avulla saadaan ohjattua, mitä MBOM:n rakenteeseen halutaan mukaan missäkin muodossa. Valmistustarkoitusten asettamisessa löytyy myös vaihtoehto asettaa tasolle osto- tai valmistuspäätös, mutta niiden käytöstä MBOM:ssa ei tässä tutkimuksessa päästy selville, koska toiminnallisuuden soveltuvuutta toimeksiantajalle ei oltu vielä siltä osin kehitetty. Tutkimuksessa käytettiin ainoastaan rakenteisiin vaikuttavia valmistustarkoituksia, koska tarkoituksena oli tutkia MBOM:n rakentumista 3D-mallin rakenteesta. Kuviossa 13 on esitetty esimerkitapaus, jossa määritetään skeleton-partille, että sitä ei haluta näkyvän MBOM:ssa. Skeleton-part on mallinnustekninen apugeometria, jota ei tarvita tuotteen valmistusta varten luotavaan osaluetteloon. Lisäksi mallinnusmetodologian teknisistä syistä on olemassa tasoja, jotka helpottavat 3D-mallin käsittelyä, mutta niitä ei haluta mukaan MBOM:iin. Ei-haluttujen tasojen alla olevat tasot taas halutaan näkyvän MBOM:ssa. Näissä tapauksissa voidaan ei-haluttu taso määrittää phantom-tasoksi. Phantom-taso ei näy MBOM:lla, mutta sen alla olevat tasot nousevat MBOM:iin mukaan.



Kuvio 13. Valmistustarkoitusten määrittäminen 3D-mallin tasolle

Simuloinneissa huomattiin ongelmia Customer Extensions -työkalun käytössä. Ensimmäisenä positionumero sekä valmistusmäärä eivät välittyneet simuloinneissa MBOM:n tasoille. PPR Spreadsheet:llä ei toiminut valmistusmäärien lisääminen, mutta positionumero saatiin vaihdettua. Varmin tapa attribuuttitietojen lisäämiseen oli mennä halutun tason Properties-tietoihin ja päivittää sieltä positionumero sekä valmistusmäärä. Phantom-tasojen määrittämisessä huomattiin ongelma, että MBOM:sta tulee hankalasti luettava, jos koontikokoonpanoja piilotetaan. Kuviossa 14 kuvataan kohdattua ongelmaa yksinkertaisella tuoterakenteella, jossa on päätaso, koontikokoonpano, itse suunniteltuja nimikkeitä sekä VAL-nimikkeitä siten, että yhtä VAL-nimikettä on useampi kappale eli samalla nimikkeellä on useampi positio. Kun koontikokoonpano asetetaan Phantom-tasoksi, sen alla olevat nimikkeet ja niiden useat positiot nousevat päätason alle, luoden tuoterakenteesta vaikealukuisen. Tämä heikentää osaluettelon automaattisen luonnin helppoutta, sillä MBOM:n rakennetta joudutaan siistimään linkkien luomisen jälkeen, koska osaluetteloon ei tarvita kuin yksi positio kutakin nimikettä. Vaikealukuisuus on tietysti suhteessa siihen, että kuinka paljon nimikkeitä on koontikokoonpanon alla ja kuinka monta tasoa asetetaan

phantom-tasoksi. Pienillä koontikokoonpanoilla ongelmaa ei juuri synny, koska rakenteessa on vähemmän nimikkeitä. Ongelmaa ei myöskään tule suuressa kokoonpanossa, jos asetetaan vain ylempiä tasoja phantom-tasoiksi.

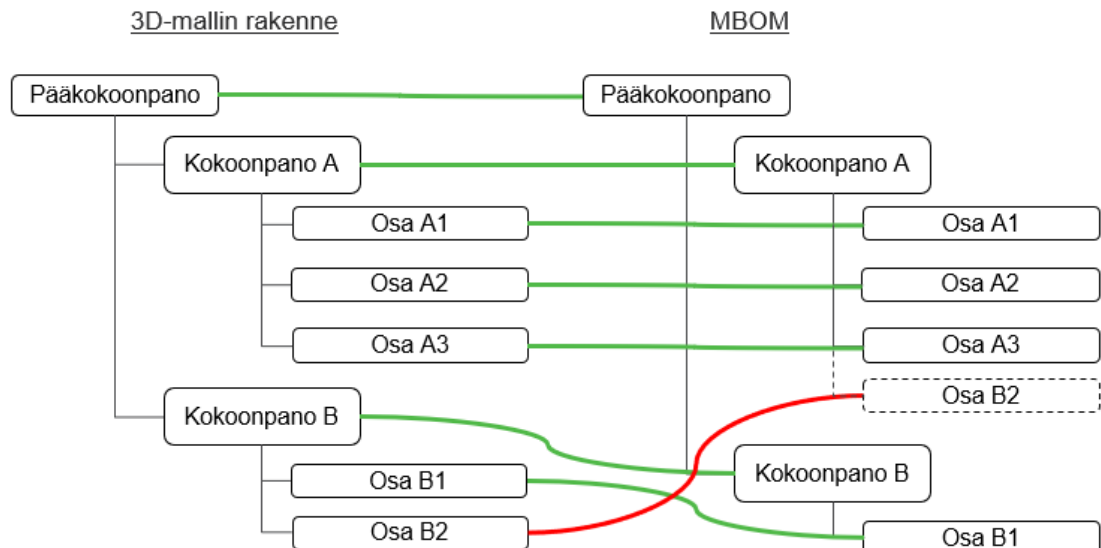


Kuvio 14. Rakenne-erot Phantom-tasojen määrittämisen jälkeen

### 5.2.2 Manuaalinen MBOM:n luominen

MBOM voidaan luoda myös manuaalisesti. MBOM luodaan siten, että rakennetaan ensin halutunlainen rakenne PPRContextin alle ja linkitetään EBOM/CAD-rakenteen tasot MBOM-tasojen kanssa. Manuaalisessa luomisessa voidaan käyttää myös niin sanottua "Drag & Drop" -toimintoa, eli vedetään EBOM/CAD-rakenteesta MBOM:iin tasoja ja nimikkeitä. Drag & Drop -toimintoa käytettäessä täytyy EBOM/CAD- ja MBOM-rakenteiden päätasot linkittää ensin Product scope -linkillä. Sen jälkeen alempia tasoja vedettäessä MBOM:iin, luodaan automaattisesti Product scope -linkit EBOM/CAD:n ja MBOM:n tasojen välille. Drag & Drop toimii vain silloin, kun ollaan siirtämässä erilaisia tasoja rakenteen saman haaran sisällä. Product scope on vahva

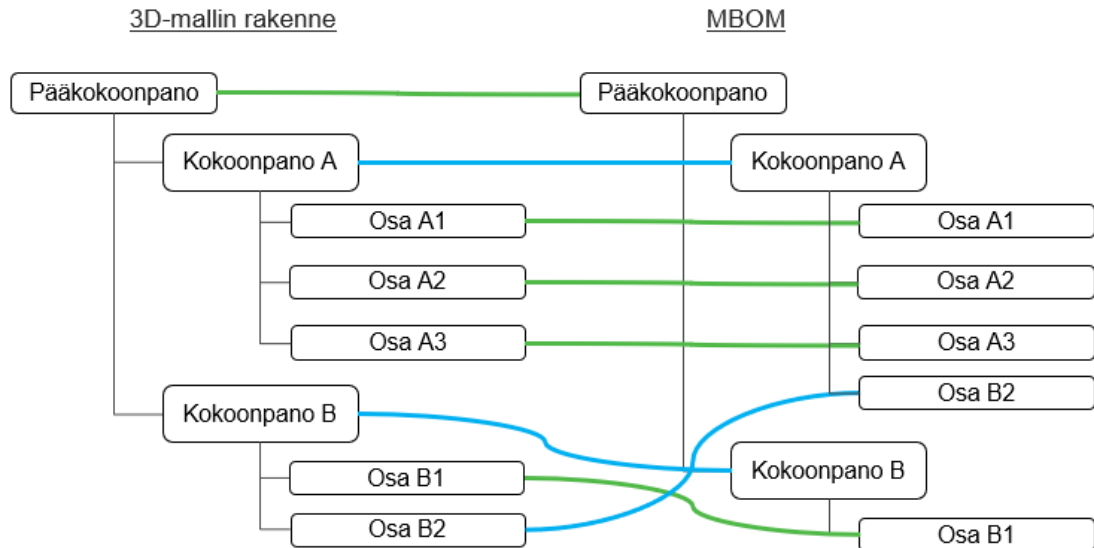
linkki, joka ei anna siirtää niitä rakenteen eri haarojen välillä. Kuviossa 15 esitetään, mitä tämä tarkoittaa käytännössä. Vihreillä viivoilla yhdistetyt tasot ja nimikkeet linkittyvät Product scope -linkillä normaalisti, koska ne ovat kuten 3D-mallin rakenteessa. Punaisella viivalla merkittyä osa B2:ta ei saada linkitettyä, koska se eroaa rakenteesta, eikä se kuulu kokoonpano A:n alle MBOM:ssa.



Kuvio 15. Periaatekuva Product scope -linkkien kohdistamisesta

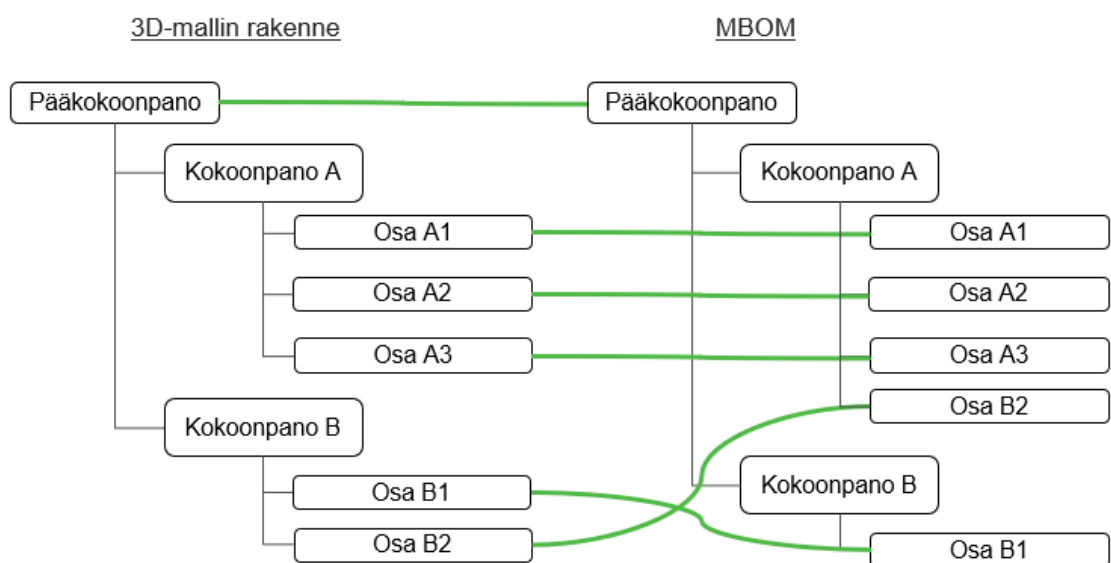
Tutkimuksen keskivaiheilla käytiin lävitse tapaa, jolla rakenteita voidaan muuttaa käyttämällä eritasoista linkkiä. Käyttämällä Implement-linkkiä voidaan asettaa edellä mainitun tilanteen mukaisia tuoterakenteita, joissa halutaan muuttaa tasojen sijaintia kokoonpanotasojen välillä. Kuviossa 16 on samanlainen rakenne kuin edellä, mutta poikkeuksena halutut kokoonpanotasot on asetettu Implement-linkillä. Vihreillä viivoilla yhdistetyt tasot ovat edelleen Product scope -linkkejä, mutta sinisillä viivoilla yhdistetyt tasot ovat Implement-linkkejä. Kokoonpanot A ja B on asetettu Implement-linkillä, koska Product scope -linkki sitoisi tason rakennetta ja osaa ei saataisi siirrettyä toisesta haarasta. Osa B2 täytyy myös asettaa Implement-linkillä, koska MBOM:n rakenne muuttuu EBOM/CAD-rakenteeseen nähden.





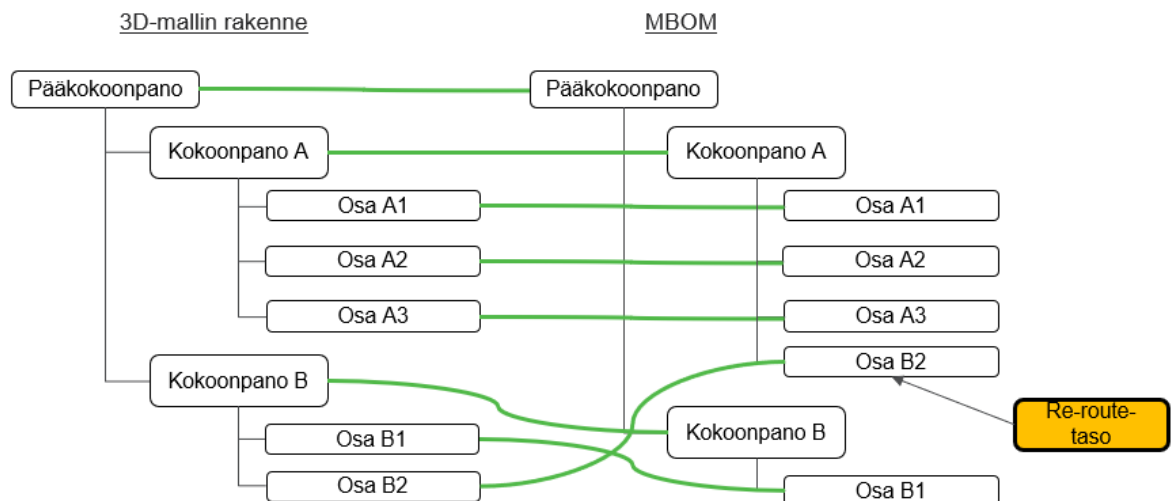
Kuvio 16. Periaatekuva Implement-linkkien kohdistamisesta

Tutkimuksen loppupuolella 3DEXPERENCEn kehitystiimi nosti esiin toisenlaisen lähestymistavan MBOM:n manuaaliseen luomiseen, mikä heillä on ollut kehitteillä. Tässä lähestymistavassa Implement-linkkejä käytettäisiin vain materiaalien lisäämiseen jonkin tason alle. Se tarkoittaa sitä, että välikokoonpanotasoja ei linkitetä EBOM/CAD-rakenteeseen, mutta sen sisällä olevat tasot linkitetään Product scope -linkillä. Kuviossa 17 esitetään tällaisen osaluettelon luomista.



Kuvio 17. Periaatekuva MBOM:n muokkaamisesta ilman Implement-linkkejä

Esitetystä lähestymistavassa haasteellista on se, että nyt EBOM/CAD-alikokoonpanojen ja MBOM-alikokoonpanojen välillä ei ole linkkiä, joten attribuuttitiedot eivät välity niiden välillä. Linkkien puuttuessa tuntuu siltä, että MBOM:sta saatava automatiikka katoaa tällaisella toiminnalla ja oltaisiin takaisin PDM-järjestelmän mukaisessa toiminnassa. Lähestymistavan simuloinnissa tutkija kokeili siirtää Drag & Drop -toiminnolla Product scope -linkillä sidottuja tasoja alikokoonpanotasosta toiseen ja siirretyt tasot saatiin reititettyä uudestaan (re-route). Tämä oli hyvin merkittävää, koska aikaisemmissa kokeiluissa tällainen ei ollut mahdollista. Simulointitetsissä oli käytössä yksinkertainen rakenne, jossa kaikki tasot oli linkitetty Product scope -linkillä. Kuviossa 18 havainnollistetaan rakenteet, jotka linkitettiin Product scope -linkeillä (vihreä). Uudelleenreititys olisi erittäin käytännöllinen toiminto, koska sen avulla MBOM:n muokkaaminen ja luominen manuaalisesti olisi helpompaa.



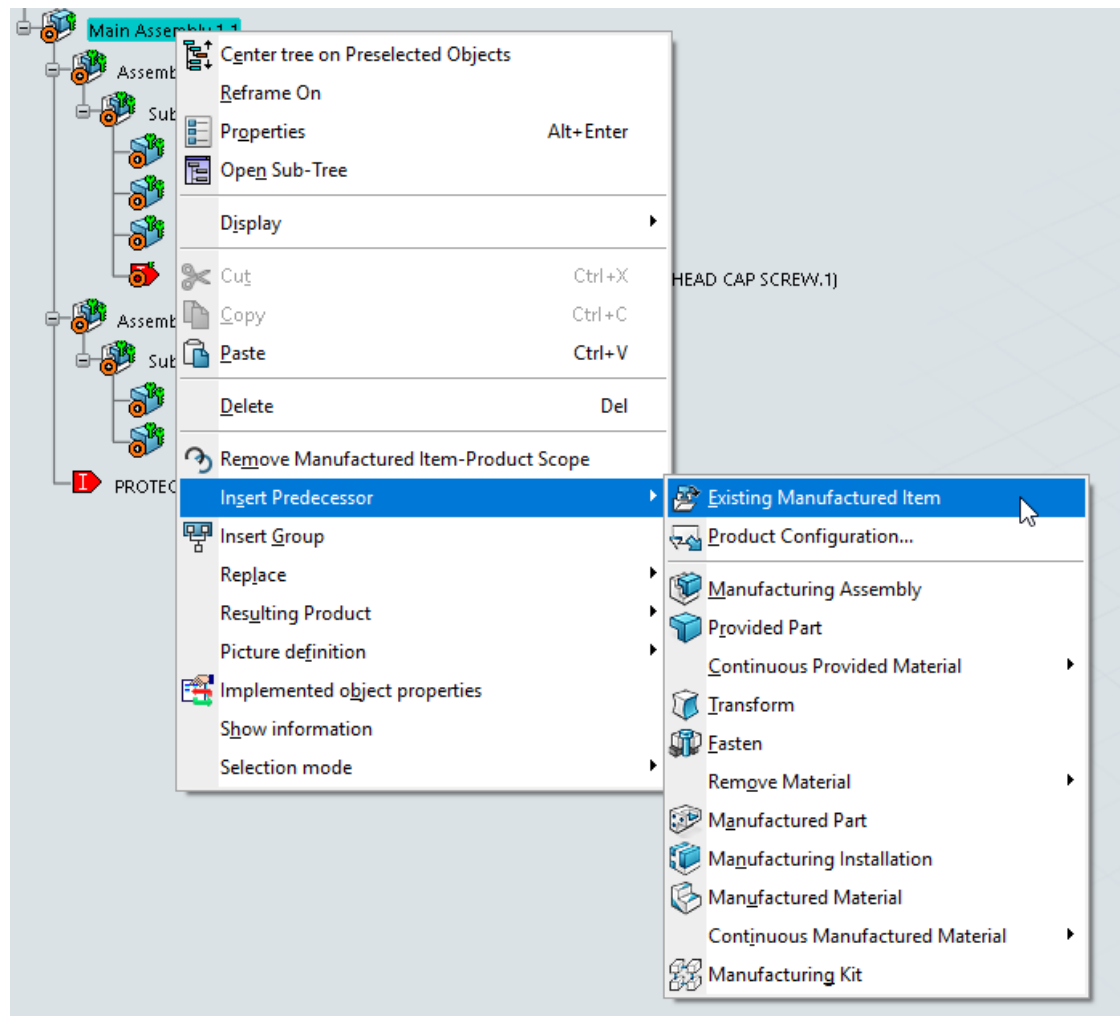
Kuvio 18. Periaatekuva tasojen uudelleenreitityksestä

### 5.3 Osto-osien ohjaus osaluettelossa

Simuloiteja varten tuotiin telan VAL-nimikkeet TEST1-ympäristöön. VAL-nimikkeet linkitettiin VPM-geometrian (Virtual Product Management), PDM-järjestelmän tietojen ja 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan välillä, eli tuotiin nykyisistä järjestelmistä 3D-geometriat sekä tuotetiedot R2018x:n TEST1-ympäristöön. Tämän ansiosta saatiin simuloitua, miten erilaiset VAL-nimikkeet ohjautuvat MBOM:ssa. VAL-nimikkeiden

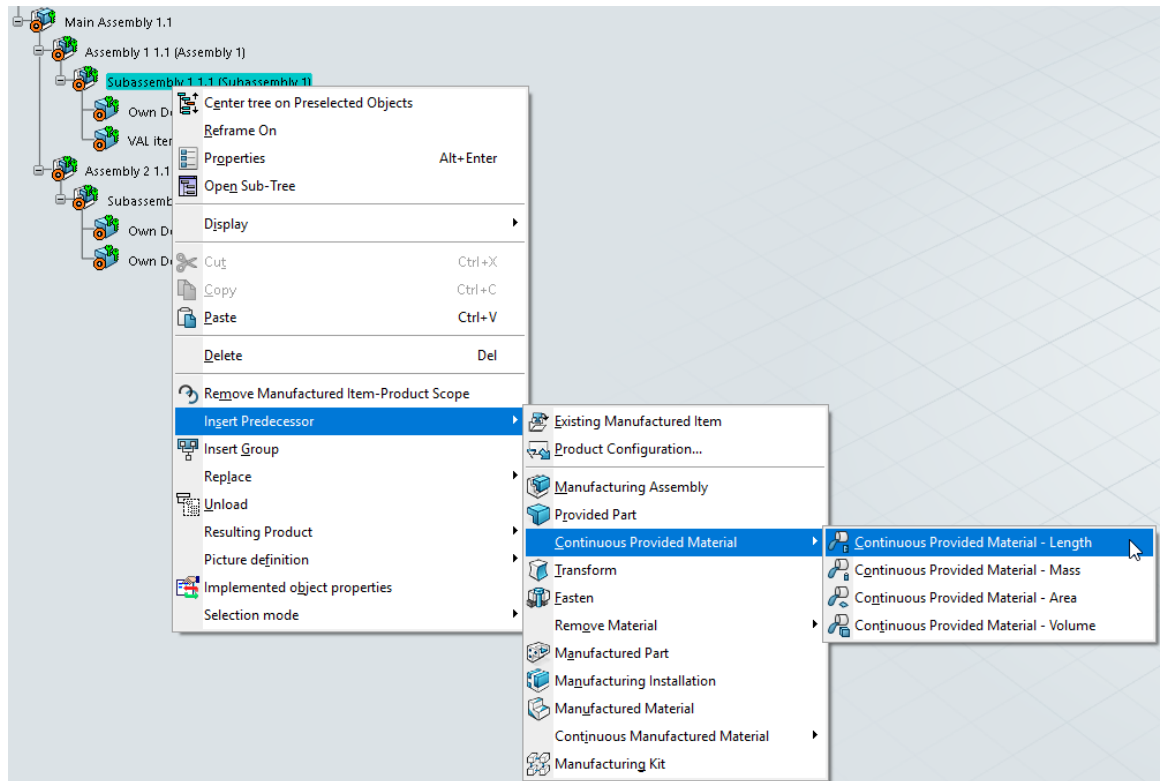
tyyppejä tutkittiin kolmea erilaista: VAL-nimike, jolla on 3D-geometria, VAL-nimike ilman 3D-geometriaa ja VAL-nimike, jolla on erilainen materiaalimenekki, esimerkiksi kappalemäärän sijasta metrimäärä.

Yksinkertaisin tapaus on VAL-nimike, jolla on 3D-geometria. Tällainen VAL-nimike saadaan osaksi tuotteen 3D-mallin kokoonpanoa ja siten VAL-nimike ohjautuu samalla tavalla kuin muutkin Physical Product -objektit, joita ollaan käsitelty edeltävissä kappaleissa. VAL-nimike, jolla ei ole 3D-geometriaa, joudutaan lisäämään manuaalisesti MBOM:iin (ks. kuvio 19). Manuaalisesti lisättyssä objektissa on se huono puoli, että attribuuttitiedot eivät päivity EBOM/CAD-rakenteen mukaan.



Kuvio 19. Olemassa olevan objektin lisääminen MBOM:iin.

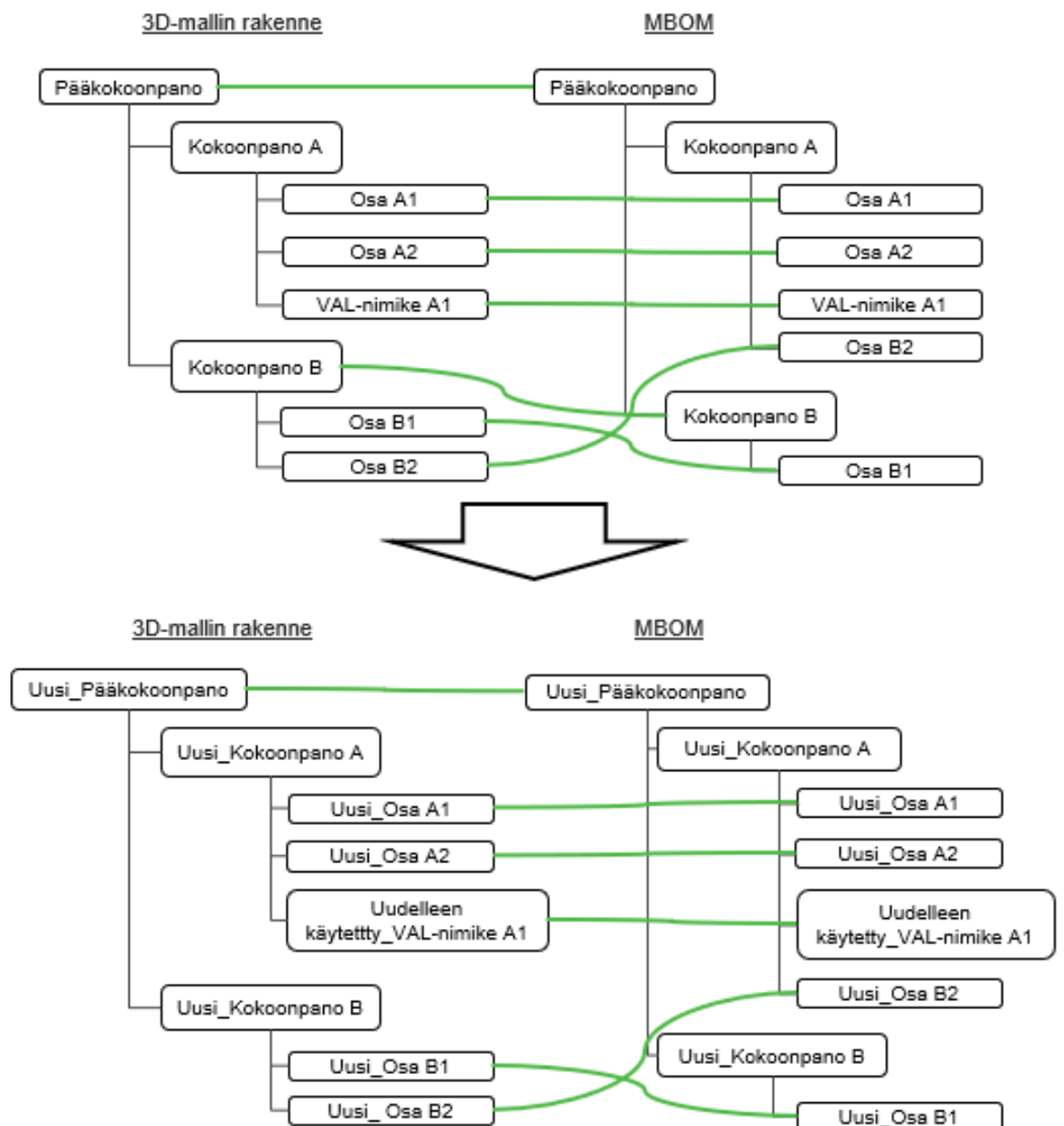
MBOM:iin saadaan linkitettyä VAL-nimikkeet, joissa on erilaisia suureita. Kuviossa 20 on esitetty tapa, jolla saadaan asetettua nimikkeelle oikeanlainen materiaalimenekki. Kokoonpanoon lisätään Continounus Provided Materials – Lenght -taso, johon linkitetään Implement-linkin avulla EBOM/CAD-tasosta haluttu VAL-nimike.



Kuvio 20. Continuous Provide Materials-Length -taso

## 5.4 Malliosaluettelo

Malliosaluettelon ideana on käyttää toimitusprojekteilla mallina manuaalisesti luotua MBOM:ia. Malliosaluettelon hyödyntämisessä pohdittiin kahta tapaa. Ensimmäinen tapa on dublikoida 3D-malli ja siihen linkitetty MBOM samalla kerralla. Tätä tapaa voisi hyödyntää toimitusprojektilla, johon menee samankaltainen tela kuin on aikaisemmin suunniteltu. Rakenteisiin ei olisi siten tarvetta tehdä suuria muutoksia ja työtä saataisiin vähennettyä hyödyntämällä pääosin valmista osaluetteloa. Samalla aikaisemmin asetetut linkit säilyisivät rakenteiden välillä. VAL-nimikkeet saadaan käytettyä uudestaan (re-use), eli niitä ei dublikoitaisi uudestaan. (ks. kuvio 21.)



Kuvio 21. Periaatekuva 3D-mallin ja MBOM:n dublikoinnista

Toinen tapa on luoda irrallinen malli-MBOM, jota ei ole linkitetty 3D-malliin. Malli-MBOM dublikoitaisiin ja duplikaatti linkitettäisiin omalle toimitusprojektille. Erillistä malli-MBOM:ia voisi käyttää Top to Down -toimintamallin mukaisesti, eli malli-MBOM koostuisi skeleton-rakenteen tasoista ja siihen lisättäisiin nimikkeitä sitä mukaa, kun suunnittelutyö valmistuu.

### **Skeleton-rakenne**

3DEXPERIENCE:n kehitystiimillä on ollut pohdinnassa konsepti osaluettelon ja sen osien lähetyksestä. Konseptissa on pohdittu mm. uuden toiminnanohjausjärjestelmän ja 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan integraatiota. Opinnäytetyötutkimuksen aikana konsepti oli vielä keskeneräinen, joten skeleton-rakenteen lähettämistä ei esitetä. Konseptissa esitetyjä asioita ei ole vielä päätetty, joten konseptia ei tässä työssä spekuloida.

## **6 Tulokset ja niiden arviointi**

Tutkimuksessa löydettiin vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksen aikana saatiin selvitettyä osaluettelon muodostuminen MBOM:n luomisen avulla ja tutkittua nykyisen sekä uuden osaluettelon yhdistettävyyttä nykyisen osaluettelon ja MBOM:n vertailulla. Näihin kohtiin vastatessa saatiin kerättyä hyödyllistä tietoa, jota toimeksiantaja voi hyödyntää jatkossa tutkiessaan aihetta lisää. Tässä opinnäytetyötutkimuksessa jäätin kuitenkin esitutkimusasteelle, koska tutkittavana ollut ilmiö on hyvin laaja ja sitä tulee tutkia tulevaisuudessa lisää.

Telojen suunnittelussa on suuri vuosivolyymi ja sen vuoksi osaluetteloiden uudessa luomistavassa on oltava jonkin asteista automaatiota. Ilman automaatiota telasuunnittelua kuormitetaan turhaan, kun osaluettelo voitaisiin luoda PDM-järjestelmällä, jonka käyttö on suunnittelijoille tuttua. Osaluettelon uuden luomistavan käyttöönotossa on kuitenkin perustarkoituksena tehostaa yrityksen toimintaa, eikä heikentää sitä. MBOM:n automaattinen luonti ei ole näillä toiminnoilla sujuvaa, joten ei ole järkevää, että yksittäinen suunnittelija luo telalle MBOM:in käsin. Tutkimuksen aikana esitettyjen asioiden perusteella näyttää siltä, että olisi järkevää tehdä tuotemallille manuaalisesti malli-MBOM, jota suunnittelija voisi dublikoida omalle projektilleen.

### **Seurantasuunnitelma**

Tutkimuksen edetessä nousi käsitys, että ilmiöstä on vielä paljon selvittämättä. Kaikkeaa mahdollista ei voitu sisällyttää tähän tutkimukseen, koska opinnäytetyötutkimus on liian suppea kokonaisuus. Taulukossa 3 esitetään seurantasuunnitelma, jossa on kootusti muutama asia, joihin tulee kiinnittää huomioita tulevaisuudessa.

Taulukko 3. Seurantasuunnitelma

1.	Seurata tuoterakenteiden ja osaluetteloiden kehitystä. Mitä uutta nousee esille?
2.	Miten hyödynnetään Catian mallinnusteknisiä toimintoja?
3.	Miten MBOM voidaan luoda eri telatyypeillä?
4.	Mitä muita toiminnallisuuksia Manufactured Item Definition –sovellus pitää sisällään?
5.	Miten muutosten hallinta otetaan huomioon?
6.	Minkälainen osaluettelodokumentti MBOM:sta saadaan?

Jatkoa ajatellen olisi järkevää valita yhteyshenkilö viemään tutkimusta eteenpäin, jotta kohdeorganisaatio pysyisi ajan tasalla kehityssuunnasta. Yhteyshenkilö toimisi linkkinä kohdeorganisaation ja 3DEXPERENCEn kehitystiimin välillä, ja samalla yhteyshenkilö voisi tutkia ilmiötä lisää. (1.) Catian parametrien ja sääntöjen käyttämistä tulee tutkia, että voisiko niitä hyödyntää attribuuttitietojen lisäämisessä. (2.) MBOM:n luomista tulee tutkia myös muilla telatyypeillä, koska muilla teloilla on erilainen rakenne, joka ohjautuu myöskin eri tavalla. Eri telatyyppejä tutkiessa voisi tehdä samanlaisen vertailun kuin tässä työssä on tehty. Telatyypeillä, joilla ei ole vielä valmista tuotemallia 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustassa, voitaisiin tutkia mahdollisuutta rakentaa tuotemalli siten, että se palvelisi myös MBOM:n automaattista luomista. (3.) Delmian Manufactured Item Definition -sovelluksen työkaluja ja niiden käyttöä tulisi selvittää, koska sieltä voi nousta esiin hyödyllisiä toiminnallisuuksia. Esimerkiksi attribuuttitietojen asettamisen automatiikkaa täytyy tutkia. (4.) Muutosten hallinta on tärkeä asia. Tehdyistä muutostöistä pitää pystyä ilmoittamaan helposti ja muutosilmoituksen tulee olla mahdollisimman yksiselitteinen. (5.) Tutkimuksen aikana ei ollut mahdollista tutkia, minkälainen dokumentti MBOM:sta saadaan, koska

3DEXPERIENCEN kehitystiimi ei ole vielä päässyt tutkimuksissaan niin pitkälle. Osaluettelodokumentti on kuitenkin tärkeä telasuunnittelulle, joten tämä seikka täytyy pitää mielessä tulevaisuutta ajatellen. (6.)

## 7 Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksessa asetetut tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyötutkimuksessa saatiin ymmärrys osaluettelon rakentumisesta, kuvattiin suunnittelun osaluettelon muodostumista ja tutkittiin erilaisten nimiketyyppien ohjautumista osaluettelon luomisessa. Ymmärrys osaluettelon rakentumisesta on selvitetty käsitteiden ja niiden tietoperustan avulla. Tietoperustan avulla saatiin ymmärrys, miten osaluettelotyypit rakentuvat ja miten niitä on tarkoitus käyttää. Suunnittelun osaluettelon muodostumista ei voitu syvällisesti esittää tässä työssä tuotesuojan vuoksi, mutta muodostumista saatiin kuvattua pääpiirteittäin käyttämällä periaatekuvia. Erilaisten nimikkeiden ohjaus uudessa osaluettelossa saatiin selville ja niiden ohjautuminen saatiin kuvattua.

Opinnäytetyötutkimuksen tutkimusote sopi ilmiöön, koska tutkimus suoritettiin asetettujen tavoitteiden mukaisesti ja tutkimuksen aikana saatiin ilmiöön liittyviä uusia tutkimuskysymyksiä. Kysymyksiin tulee etsiä vastauksia seuraavissa tutkimuksissa eli sykleissä. Opinnäytetyö olisi voitu suorittaa pelkästään laadullisena tutkimuksena, mutta siinä ei olisi saatu näin syvällistä tietämystä. Syynä siihen on, että toimintatutkimuksessa tutkijan rooli on olla aktiivinen toimija kohdeorganisaatiossa, kun laadullisessa tutkimuksessa tutkija on ulkopuolinen havainnoija. Tutkimuksen aikana tutkija keskittyi valideihin asioihin ja pitäytyi rajatussa aiheessa. Rajauksen valideista asioista saatiin aikaan tutkimustuloksia, joita voidaan hyödyntää jatkossa. Tutkimustulosten luotettavuuteen vaikuttaa kuitenkin toimintojen kehityssuunta, koska tutkimuksessa ollaan työskennelty testiympäristön parissa. Testiympäristössä voidaan havaita muutostarpeita toimintoihin, mikä vaikuttaa samalla siihen, että toiminnon käyttö muuttuu. Toisin sanoen, tutkimuksesta voitaisiin saada erilaiset tutkimustulokset, jos sama tutkimus tehtäisiin myöhemmin uudestaan, edellyttäen, että 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan toimintoja kehitetään. Tutkimuksen aikana kohdattiin tämä ilmiö luvussa 5.2.2, jossa kokeiltiin MBOM:n manuaalista luomista. Erilaisen linkitystavan muuttuminen kesken tutkimuksen kieli, miten rajusti tutkimustulokset voivat muuttua jo muutamassa viikossa. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa myös tutkijan



oma näkemys. Aineiston koonnissa tutkija kuvaili asiat omin sanoin ja käytettyjen värikoodien perusteet ovat tutkijan omia mielipiteitä. Tutkimuksen aikana tapahtuneissa ohjelmistoalustan käyttökoulutuksissa saatiin muiden näkemyksiä tutkittavaan ilmiöön, mikä parantaa tutkimuksen luotettavuutta. Kohdeorganisaation asiantuntijoiden kanssa käydyistä palavereista saatiin myös näkemyksiä ja niitä hyödynnettiin tutkimuksen aikana. Tutkijan omaa näkemystä rajattiin käsitteiden avaamisessa käyttämällä lähteitä hyödyksi. Lähteiden käytöllä varmistettiin käsitteiden merkitys ja siten niille saatiin luotettavuutta sekä painoarvoa tässä opinnäytetyötutkimuksessa.

Yleisesti Delmia oli tutkimuksen aikana suorituskykyinen ja jouheva käyttää, lukuun ottamatta kohdattuja ohjelmointivirheitä. Siitä herää kysymys, mikä on sovelluksen suorituskyky, kun käyttäjiä kertyy enemmän? Tuleeko Delmiasta hitaampi, kun samassa verkossa on usea käyttäjä samaan aikaan? Olisi aiheellista pohtia MBOM:n tarkkailua verkkoselaimen kautta, koska selaimessa toimivan käyttöliittymän avulla saataisiin helpotettua myös niiden sidosryhmien toimintaa, joilla ei ole tarvetta päästä muokkaamaan osaluetteloa. Tällainen sidosryhmä on esimerkiksi tuotannon suunnittelu, jolla on tarve päästä katselemaan osaluetteloa, mutta ei tarvetta muokata sitä. Opinnäytetyötutkimuksessa kohdatut ohjelmistoalustan ohjelmointivirheet eivät aivan vakuuttaneet toimintaympäristön toimivuuden suhteen, koska työskentely ohjelmistoalustalla oli niiden ansioista melko takkuista. Toki täytyy ymmärtää, että tutkimuksen aikana työskenneltiin testiympäristössä, jossa toiminnot eivät ole vielä valmiita, vaan niitä ollaan vasta rakentamassa käyttöä varten. Luvussa 4 esiintuotu Legacy Datan hallinnointi herättää kysymyksiä. Miten Legacy Dataa hallinnoidaan tulevaisuudessa, kun nykyisestä PDM-järjestelmästä ollaan luopumassa? Tällä hetkellä Legacy Data löytyy PDM-järjestelmästä ja sen hallinnointi tapahtuu siellä. Siirretäänkö kaikki data 3DEXPERIENCE-ohjelmistoalustan tietokantaan?

SymZLig-telalle täytyy tehdä manuaalisesti malli-MBOM ja kokeilla sen linkittämistä EBOM/CAD-rakenteeseen. Oikean tuotemallin malli-MBOM:n testauksesta saataisiin arvokasta informaatiota, jota voitaisiin käyttää jatkossa hyödyksi. Tämä vaihe jäi tekemättä tässä tutkimuksessa, koska linkitystapojen kehitystyö oli vielä kesken. Tässä työssä esitetty MBOM:n manuaalinen luomistapa ei ole täysin varma, vaan sitä täy-

tyy tarkastella kriittisesti. MBOM:n manuaalisen luomisen kehityksestä tutkija sai tietää tutkimuksen toiseksi viimeisenä päivänä, joten laajoille simuloinneille ei jäänyt aikaa.

Luvussa 6 mainitussa seurantasuunnitelmassa esitetyt asiat ovat toimeksiantajan toteutettavissa, jos on resursseja ottaa henkilö kohdeorganisaatiosta hoitamaan tutkimusta eteenpäin. Myös diplomi- tai opinnäytetyö olisi hyvä tapa kerryttää lisää informaatiota aiheesta. Kun kyseessä on näin laaja yritys kuin Valmet, järjestelmästä toiseen siirtyminen vaatii aikaa ja rahaa. Uudesta toimintatavasta tulee saada selvä hyöty, jotta on järkevää siirtyä tekemään osaluettelot samalla ohjelmistolla kuin suunnittelutyö tehdään. Tämän opinnäytetyön perusteella ei voida sanoa, että onko uuden toimintatavan käyttöönotto järkevää, koska yksi opinnäytetyötutkimus on liian suppea tutkittuun ilmiöön nähden. Uudessa toimintatavassa on potentiaalia, mutta sen käyttöä täytyy tutkia lisää.

## Lähteet

Attribuutti. 2016. Käsitteen määritelmä Tieteen termipankki -sivustolla. Viitattu 1.3.2019. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Filosofia:attribuutti>.

3DEXPERIENCE platform. N.d. 3DEXPERIENCE ohjelmistoalustan esittely. Dassault Systèmesin etusivu. About 3DS. 3DEXPERIENCE®Platform. Viitattu 13.1.2019. <https://www.3ds.com/about-3ds/3DEXPERIENCE-platform/>.

3DEXPERIENCE Portfolio. N.d. Ohjelmistoalustan sovellusvalikoiman esittely. Dassault Systèmesin etusivu. Products & Services. Viitattu 29.1.2019. <https://www.3ds.com/products-services/>.

Crnkovic, I., Askund, U. & Dahlqvist, A. P. 2003. Implementing and Integrating Product Data Management and Software Configuration Management. E-kirja. Norwood: Artech House. Viitattu 24.1.2019. <https://janet.finna.fi>, Ebook Central.

Dalal, N. 2017. Best Practice: Design-Driven EBOM Development. Artikkelijärjestelmäntarjoajan käyttäjäyhteisössä. 3DEXPERIENCE, ENOVIA User Community. Viitattu 23.1.2019. <https://r1132100503382-eu1-3dswym.3DEXPERIENCE.3ds.com/#community:38/post:2860>.

Enovia 3DEXPERIENCE. N.d. Enovia-sovelluksen esittely. Products & Services, ENOVIA, Products. Viitattu 13.3.2019. <https://www.3ds.com/products-services/enovia/>.

Gubaydulina, R. H., Gruby, S. V. & Davlatov, G. D. 2016. Analysis of the Lifecycle of Mechanical Engineering Products. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 142, 1. Viitattu 24.1.2019. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/142/1/012060/pdf>.

Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. 3. painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Huoponen, S. 2019. Top to Down. Telasuunnittelun suunnittelijan sähköpostiviesti 31.1.2019. Vastaanottaja: Sebastian Sjöberg. Käsitteen selvitys telasuunnittelun suunnittelijalta, joka toimii Key User:na uuden ERP:n käyttöönottoprojektissa.

IBM Notes. N.d. Sovelluksen esittely IBM:n nettisivuilla. Viitattu 25.3.2019. <https://www.ibm.com/fi-en/marketplace/enterprise-email/details>.

Kananen, J. 2014. Toimintatutkimus kehittämistutkimuksen muotona: Miten kirjoitan toimintatutkimuksen opinnäytetyönä? E-kirja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.1.2019. <https://janet.finna.fi>, Booky.fi.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. E-kirja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.1.2019. <https://janet.finna.fi>, Booky.fi.

Kjellberg, E. 2018. Valmet Rautpohjan 80-vuotissyntymäpäivää juhliittiin lauantaina 9.6.2018. Artikkelijärjestelmän verkkosivuilla. Valmetin etusivu, Media, Artikkelit. Viitattu 7.1.2018. <https://www.valmet.com/fi/media/artikkelit/sustainability/valmet-rautpohjan-80-vuotissyntymapaivaa-juhlittiin-lauantaina-9.6.2018/>.

Koskelainen, T. 2017. Tasman. Tietokannan esittely ja ohjeistus. Valmetin sisäinen intra, Flow. Viitattu 5.3.2019.

Kuula, A. N.d. 5.4 Toimintatutkimus. KvaliMOTV:n etusivu. Osio 5, toimintatutkimukseen. Tietoarkiston palvelu, MOTV. Viitattu 10.1.2019. [https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L5\\_4.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_4.html).

Laakko, L. 2018. Valmistusosaluettelon muodostaminen modulaariselle tuotteelle. Diplomityö. Jultika, Oulun yliopiston avoin julkaisuarkisto. Viitattu 14.2.2019. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201809062751.pdf>.

Miettinen, K. 2018. PAP-uudet tuulet-rolls-org. Tela-tuoteryhmän organisaatorakenne. JPG-tiedosto. Valmetin sisäinen intra, Flow. Viitattu 25.1.2019.

Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM: Tuotetiedon hallinta. Helsinki: IT Press.

Stark, J. 2011. Product Lifecycle Management. E-kirja. Second Edition. London: Springer London. Viitattu 14.1.2019. <https://janet.finna.fi>, Books24x7.

Stekolschik, A. 2017. Methods for automated semantic definition of manufacturing structures (mBOM) in mechanical engineering companies. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 241, 1. Viitattu 23.1.2019. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/241/1/012032/pdf>.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta - PDM. Jyväskylä: Talentum Media.

Tavi, A. 2019a. CoMPass. Käsitteen selvitys telasuunnittelun suunnittelupäälliköltä.

Tavi, A. 2019b. Telakortti. Käsitteen selvitys telasuunnittelun suunnittelupäälliköltä.

Tavi, A. 2019c. VAL-nimike. Käsitteen selvitys telasuunnittelun suunnittelupäälliköltä.

Tickoo, S. 2011. CATIA V5R21 for Designers. Schererville, IN: CAD/CIM Technologies.,

Valmetille internet-pohjainen tuotetiedon hallintajärjestelmä. 2000. Artikkelit Taloussanomien internetsivustolla. Viitattu 22.2.2019. <https://www.is.fi/taloussanomiat/art-2000001321760.html>.

Valmet lyhyesti. N.d. Yritysesittely Valmetin verkkosivuilla. Viitattu 7.1.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>.

Valmet Selects Infor for Global Business Transformation. 2016. Artikkelit Infor LN:n sivulla. Infor LN etusivu. Search: Valmet. Viitattu 31.1.2019. <https://www.infor.com/news/valmet-selects-infor-for-global-business-transformation>.

Valmet tehostaa tuotantoaan Dassault Systèmesin digitaalisen toimintaympäristön avulla. 2017. Dassault Systèmesin julkaisema tiedote ePressi-sivustolla. Viitattu 28.1.2019. <https://www.epressi.com/tiedotteet/tietotekniikka/valmet-tehostaa-tuotantoaan-dassault-systemesin-digitaalisen-toimintaympariston-avulla.html>.

Valmetin toiminnot Suomessa. N.d. Valmetin toimintojen selvitys Suomessa. Viitattu 7.1.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-suomessa/>.

What is the 3DEXPERIENCE platform?. N.d. Järjestelmän esittelyvideo. Dassault Systèmesin etusivu. Viitattu 15.1.2019. <https://www.3ds.com/about-3ds/3dexperience-platform/>.

## Liitteet

### Liite 1. Teemahaastattelurunko

Yritys	<u>Valmet Technologies Oyj</u>	(Lähde: Kananen 2017, 97)
Haastattelija	<u>Sebastian Sjöberg</u>	
Tutkimuksen tavoitteet ( ) Tutkimuslupa saatu ( )		
Haastateltavan asema ja työkokemus	<u></u>	
<b>Teemat</b>		
<b>Tuotetiedon hallinta</b>		
Kysymys 1	Mikä on tällä hetkellä käytössä oleva PDM-järjestelmä?	
Kysymys 2	Miten telasuunnittelussa toimitaan PDM-järjestelmän kanssa?	
Kysymys 3	Minkälaisia vaiheita järjestelmän käyttö sisältää?	
Kysymys 4	Minkälaisia nimiketyyppejä valmistettavuuden/ohjattavuuden näkökulmasta telasuunnittelussa on käytössä?	
<b>Elinkaaren hallinta</b>		
Kysymys 1	Miten telasuunnittelussa hallitaan telojen elinkaari?	
Kysymys 2	Minkälaisilla työkaluilla elinkaarta hallitaan?	
Kysymys 3	Minkälainen on työkalujen toimintaperiaate?	

## Liite 2. Aineiston koontitaulukko

Taustatietoa

Tärkeää, muttei määrävää

Määrävää tieto

Sekundääriaineisto		Pääaineisto	
Diplomityö	Toimeksiantajan tutkimukset	Oma havainnointi	Haastattelujen yhteenveto
<p>- historiatietoa osaluetelotyypeistä</p> <p>- kertoo mitä on EBOM ja MBOM</p> <p>- selostusta järjestelimestä</p>	<p>- ei mainittavaa</p>	<p>- Nykyinen PDM-järjestelmä on juurtunut hyvin lujaan Valmetin toimintaan. Siitä siirtyminen uuteen tapaan tulee olemaan työläs prosessi.</p>	<p>- Nykyinen PDM-järjestelmä on luotu eMatrix-alustalla, jolla on saatu rakennettua räätälöity PDM-järjestelmä.</p> <p>- Järjestelmässä varataan nimiketunnukset, rakennetaan osaluettelot ja valmiit luettelot lähetetään suunnittelusta tuotannonsuunnitteluun PN-ilmoituksilla. Samoja nimiketunnuksia käytetään Catian attribuuttitiedoissa.</p> <p>- Perustapas: Avataan nimikkeet, annetaan perustiedot ja rakennetaan osaluettelorakenne. Myös voidaan kopioida vanhoja nimikkeitä sekä kokonaisia osaluettelot.</p> <p>- Aikaisemmin suunnittelu saamansa tiedon perusteella on määrittänyt, että meneekö nimike ostoon vai valmistukseen. Nykyään päätöksen tekee tuotannonsuunnittelu (Local Planning)</p> <p>- PDM:ssä on ostettavia ja valmistettavia nimikkeitä.</p> <p>- Kohtalaisen suuri osaluue on Legacy Datan hallinnointi</p> <p>- PDM-järjestelmän tärkein osa-alue on nimikkeiden vapauttaminen eteenpäin tuotantoketjussa. Ilman tätä tuotannolla ei ole tietoa valmistettavista tuotteista.</p> <p>- Suunnittelu hoitaa elinkaaren hallintaa suunnittelun, valmistuksen ja takuuajan.</p> <p>- Dokumentaatio on useissa eri tietokannoissa.</p> <p>- CoMPass-tietokantaa voidaan käyttää globaalisti, Notes-tietokannat ovat rajatumpia.</p> <p>- Erillisiä tietokantoja, joihin syötetään samaa tunnistettietoa.</p>
<p>- Ei mainittavaa</p>	<p>- Pohdittu eri tutkimuksissa laajasti. Tutkimukset keskittyvät tuotteiden elinkaaren hallintaan.</p>	<p>- Elinkaaren hallinta on hieman sekavaa, koska on käytössä muutama tietokanta. Toimeksiantaja on puuttunut tähän ja on siirtymässä käyttämään yhtä tietokantaa. (CoMPass)</p>	
<p>Tuotetiedon hallinta</p>			
<p>Elinkaaren hallinta</p>			

Määrävä tieto

Tärkeää, muttei määrävä

Taustatietoa

Sekundääriaineisto		Primääriaineisto		
Osaluettelon nykytila	<p><b>Diplomityö</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuotemallin osaluettelossa käytetään Phantom-tasojä. Ongelmia Phantom-tasosta koituu nimikkeiden positionumerot. Phantom-tason alla olevilla nimikkeillä voi olla samoja positionumeroita kuin ylempällä tasolla olevilla nimikkeillä ja siten positioita voi olla kahteen kertaan. Phantom-taso ei näy lopullisessa tulostettavassa osaluettelossa, vaan sen tason nimikkeet siirtyvät päänimikkeen alle.</li> </ul>	<p><b>Toimeksiantajan tutkimukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- On perusteltu uutta tuotetiedon hallintaa mm. sillä, että nykyisellä PDM-järjestelmällä joudutaan tekemään kaksinkertainen työ, koska osaluettelo luodaan manuaalisesti. Manuaalinen työ on luonnollisesti aikaa vievää.</li> </ul>	<p><b>Oma havainnointi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valitun SymZlig-telan tuoterakenne ja osaluettelo tehty Top to Down -toimintamallin mukaan.</li> <li>- Nykyinen osaluettelo PDM-järjestelmässä noudattaa EBOM:n periaatteita. Perustuu 3D-mallin rakenteeseen, mutta lisätty kaikki tarpeelliset nimikkeet tuotteen suunnittelun näkökulmasta.</li> </ul>	<p><b>Haastattelujen yhteenveto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnittelija luo osaluettelon telasta Top to Down -mallin mukaan.</li> <li>- Uudessa toimintatavassa olisi olitava mahdollisimman automaattisesti toimiva osaluettelon luonti, koska telasuunnittelussa on hyvin suuri vuosivolyymi telatoimitusprojektien suhteen. Jos osaluettelon luonti on hidasta, tulee suunnittelutyökin vaikeutumaan.</li> </ul>
3D-rakenteen luonti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuotemallin CAD-mallia vastaava osaluettelorakenne on tehty PDM:ään. Tuotemallia käytetään projektien pohjana. PDM:stä katsottu esimerkkiä puurakenteen luonnissa R2018x-ympäristöön.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simuloinneissa on käytetty usein itse luotua tyhjää 3D-mallin puurakennetta. Joissain tapauksissa käytetty Dassaultin tarjoamaa kokoonpanoa (polkupyörä).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Järkevintä olisi siirtää telan tuotemalli R2018x-ympäristöstä, jotta saataisiin huomioitua nykyisen mallinnumetodologian mukaiset asiat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei mainittavaa</li> </ul>
EBOM:n luonti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei ole erillistä EBOM:ia, käytännössä CAD-rakenne vastaa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EBOM:n luontia on tutkittu ja neuvoteltu Dassault Systemsin väen kanssa. Dassault on luopumassa EBOM toiminnallisuudesta viiden vuoden sisään, joten ei ole järkevää perehtyä kyseiseen työkaluun.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EBOM pystytään luomaan 3D-mallin pohjalta, nettiselaimessa toimivan Dashboardin avulla. EBOM:n luonti ja muokkaus vastaa ulkonäköään nykyisen PDM:n toimintaa. (Enovia: Engineering BOM management)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nykyinen osaluettelo palvelee EBOM:n teoriaa. Osaluettelossa on kaikki nimikkeet, joita tarvitaan tuotteen valmistuksessa ja suunnittelussa.</li> </ul>



Määräävä tieto

Tärkeää, muttei määrävä

Taustatietoa

Sekundääriaineisto		Primääriaineisto		
MBOM:n luonti	<p><b>Diplomityö</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selostetaan, että miten MBOM luodaan käyttämällä kahta eri tapaa. Diplomityön selostusta voisi käyttää lähteenä ja selostaa proseduuri omin sanoin.</li> <li>- Hyvin laajasti asiaa. Kaikkea ei saa millään sovitettua opinnäytetyöhön. (Poimitaan tarpeellisia seikkoja lähteeksi)</li> </ul>	<p><b>Toimeksiantajan tutkimukset</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yksi PowerPoint-ohje, joka on puutteellinen. Ohjeessa "oikaistu" vaiheiden läpikäynnissä. Ilman omaa tutkimista jää hämärän peittoon, että mistä on kysymys.</li> <li>- Scope-linkki muodostaa CAD- ja MBOM-referenssitason välille linkityksen.</li> <li>- PPR Spreadsheetsin käyttö helpottaa MBOM:n luomista.</li> <li>- Create/Update Manufacturing Assembly työkalulla voidaan muodostaa automaattisesti MBOM, linkitettyjen päätasojen välille. Vaihtoehtoisesti voidaan päivittää olemassa oleva MBOM. Muodostaa samanlaisen rakenteen kuin CAD-rakenne.</li> </ul>	<p><b>Oma havainnointi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Koulutuksessa käyty läpi, miten MBOM muodostetaan suoraan 3D-rakenteesta, Delmian avulla. (Manufacturing item planning -työkalu ja Process Planner -rooli)</li> </ul>	<p><b>Haastattelujen yhteenveto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ei mainittavaa</li> </ul>
Eriolaisten nimikkeiden ohjattavuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kertoo VAL-nimikkeiden ohjaamisesta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VAL-nimikkeille on luotu oma Part- instanssi R2018x-ympäristöön.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjattavuutta säädellään tällä hetkellä erilaisilla tunnuksilla. Nimikkeelle määritetään Item Group -tieto, joka ohjaa nimikettä ostoon tai omaan tuotantoon.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nimiketyypit jakautuu pääasiassa ostettaviin ja valmistettaviin (osto-osa= VAL-nimike)</li> </ul>