

CAD 3D-mallin muuttaminen kevyeksi 3D-malliksi ja sen käyttö visualisoinnissa

Juho Kaitanen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Autotekniikka
Auto- ja työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Autotekniikka
Auto- ja työkonetekniikka

KAITANEN, JUHO:

CAD 3D-mallin muuttaminen kevyeksi 3D-malliksi ja sen käyttö visualisoinnissa

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2023

CAD 3D-mallien avulla voidaan tuotekehityksessä luoda valmistettavaa tuotetta tai laitetta vastaava virtuaalinen malli. Mallin avulla tuotteen tai laitteen toimintaa voidaan tarkastella virtuaalisesti ennen sen päätymistä valmistukseen. CAD 3D-malleja voidaan hyödyntää myös esimerkiksi markkinoinnissa havainnollistamisen apuvälineenä.

Tässä opinnäytetyössä tehtiin selvitystyö Sandvik Mining and Construction Oy:lle, mitä erilaisia vaatimuksia Sandvikin sisäisillä toimijoilla ja alihankkijoilla on käytettävän 3D-mallin suhteen. Selvitettyjen vaatimusten pohjalta laadittiin käyttöohje 3D-mallin muokkaamiseen ja visualisointiin.

Opinnäytetyötä varten haastateltiin Sandvikin sisäisiä osastoja sekä yhtä alihankkijaa, jotka aktiivisesti työskentelevät CAD 3D-mallien parissa. Haastattelut suoritettiin palaverien avulla. Haastatteluiden avulla selvisi eri toimijoiden vaatimukset 3D-malleille, kuten minkälaisia muutoksia ja parannusehdotuksia toimijalla on toimitettavan 3D-mallin suhteen.

Haastatteluiden tuloksista kävi ilmi esimerkiksi se, missä tiedostomuodossa 3D-malli halutaan, minkälainen tuoterakenne palvelisi parhaiten ja kuinka tarkka mallin pitää olla visuaalisesti. Näiden tuloksien perusteella suoritettiin tarvittavat muutostyöt 3D-mallille, sekä laadittiin käyttöohje, kuinka 3D-mallin muokkaus ja visualisointi pitää suorittaa toimijakohtaisesti.

Opinnäytetyössä haastateltavia 3D-mallin käyttäjiä oli monia, joten myös erilaisia vaatimuksia ja parannusehdotuksia tuli paljon. Opinnäytetyön edetessä huomattiin, että opinnäytetyön laajuus olisi ollut liian suuri, jos kaikki vaatimukset ja parannusehdotukset olisi otettu huomioon opinnäytetyön aikana. Jatkotoimenpiteenä opinnäytetyössä käsittelemättä jääneet vaatimukset ja parannusehdotukset käsitellään Sandvikin sisäisesti opinnäytetyön loputtua.

Asiasanat: cad, 3d-mallinnus, visualisointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of Engineering, Automotive Technology
Industrial Vehicle Engineering

KAITANEN, JUHO:

CAD 3D-model transforming to lightweight 3D-model and its usage in visualization

Bachelor's thesis 65 pages, appendices 7 pages
May 2023

This Bachelor thesis had two main objectives. The first objective was to find out which are the requirements and needs for the 3D-model in the different departments. The second objective was to create instructions how to modify 3D-model based on the requirements and needs of different departments.

The thesis was started by interviewing Sandvik's departments personnel and one of Sandvik's subcontractor. The interviews were conducted through meetings. The interviews were used to find out the requirements and needs of the different departments regarding the 3D-model.

The results of the interviews indicated desired file format of the model, how much the model can be lightened and how it should look visually. Based on these results the necessary modifications were made to the 3D-model and instructions were given how to modify and visualize 3D-model.

The content of the thesis was extensive and the requirements of all Sandvik's departments could not be processed during the thesis. After completing the thesis, the follow-up procedure is to handle all requirements and needs of the different departments, which could not yet be included in this work due to scope of this thesis.

Key words: cad, 3d-modeling, visualization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	3D-MALLIEN MUOKKAUS JA KESKEISET TOIMIJAT	8
	2.1 CAD 3D-mallinnus ja simulointi	8
	2.2 Visualisointi	11
	2.3 Ohjelmistot	13
	2.4 Sandvik Mining and Construction Oy	18
	2.5 Creanex Oy	19
3	3D-MALLIEN VAATIMUKSIEN SELVITYS	20
	3.1 Tuotelinja	20
	3.2 Koulutussimulointi	22
	3.3 Automaatio	23
	3.4 Ohjelmistotestaus	24
	3.5 Creanex Oy	25
	3.6 Stabiiliteettisimulointi	26
	3.7 3D-mallien vaatimukset listattuna	28
4	MUOKKAUSPROSESSIN KUVAUS JA OHJEISTUKSET	30
	4.1 3D-mallien lähtötilanne ja muokkausprosessi	30
	4.2 3D-mallin muokkaamiseen käytetyt ohjelmistot	32
	4.2.1 Muut käytetyt ohjelmistot	33
	4.3 Ohjeistus 3D-mallin muokkausprosessiin	34
	4.4 Ohjeistus visualisointien ja animointien tekemiseen	40
	4.4.1 Visualisoitujen kuvien tekeminen	40
	4.4.2 3D-mallin visuaalinen manipulointi	43
	4.4.3 3D-mallin animointi	45
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	53
	5.1 Työmäärän arviointi	54
	5.2 Jatkoehdotukset ja suositukset	55
	LÄHTEET	57
	LIITTEET	59
	Liite 1. Tuotelinjan haastattelu	59
	Liite 2. Koulutussimuloinnin haastattelu	60
	Liite 3. Automaation haastattelu	62
	Liite 4. Ohjelmistotestauksen haastattelu	63
	Liite 5. Alihankkijan haastattelu	64
	Liite 6. Stabiiliteettisimuloinnin haastattelu	65

LYHENTEET JA TERMIT

3D	Kolmiulotteinen grafiikka (eng. 3-dimensional)
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
FBX	FilmBox
FEM	Finite Element Method
GLB	GL Transmission Format Binary file
GLTF	GL Transmission Format
JT	Jupiter Tessellation
MBD	Model Based Definition
NURBS	Non-Uniform Rational Basis Spline
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
PMI	Product Manufacturing Info
STEP	Standard for the Exchange of Product Data
STL	STereo Lithography

1 JOHDANTO

CAD 3D-mallintaminen on nykyisin yksi käytetyimmistä työmenetelmistä tuotekehityksessä. Sen avulla voidaan kolmiulotteisesti luoda tuote ennen sen varsinaista valmistamista ja tarkastaa, että kaikki osat sopivat toisiinsa ja niille suunnitelluille paikoille. Tuotekehityksessä suuressa roolissa ovat myös erilaiset simuloinnit. Simulointeja on monia erilaisia. Esimerkkejä simuloinneista on koulutus-, ohjelmisto- ja stabiliteettisimulointi, sekä lujuuslaskenta. Simuloinneilla voidaan virtuaalisesti testata erilaisia toimintoja ennen niiden päätymistä todelliseen käyttöön, näin ollen vikatilanteet ja ongelmat tulevat jo testausvaiheessa ilmi. Simulointeja voidaan käyttää myös opetuskäyttöön.

Valmiille 3D-malleille tehdään myyntivaihetta varten visualisointeja, jotka parantavat mallin ulkonäköä niin, että se näyttäisi mahdollisimman aidolta. Visualisoinnin tarkoituksena on lisätä tuotteen myyvyyttä, sekä antaa asiakkaalle tarkka kuva siitä, miltä valmistettava tuote lopullisesti näyttäisi (Siemens n.d.f.). Visualisointia voi olla myös animaatiomuodossa, jossa tarkastellaan animaation avulla tuotteen liikkeitä ja toimintoja. Animaatio on oiva tapa esittää laitteen toimintoja, joiden avulla tuotetta on näin helpompi markkinoida ja myydä. Animaation avulla asiakas näkee suoraan, kuinka laite todellisuudessa tulisi toimimaan.

Opinnäytetyön aiheen syntyyn vaikutti se, että työn avulla piti löytää ratkaisuita yksinkertaisempaan ja tehokkaampaan työskentelyyn, sekä keinoja työmäärän vähentämiseen. Suurissa tuotekehitystyötä tekevissä yrityksissä, kuten Sandvik Mining and Construction Oy:ssä työntekijöitä tuotekehityksen parissa eri osastoilla on paljon. Työntekijöiden suuren määrän vuoksi työtapa on monia erilaisia ja ne voivat aiheuttaa epäselviä tilanteita, mikä voi myös alentaa tuottavuutta. Selkeiden toimintamallien ja ohjeiden avulla työntekijöillä olisi selkeä polku, jota noudattaa. Tämän avulla epäselviä tilanteita tulisi vähemmän, vältettäisiin turhia virheitä ja työn tuottavuus saataisiin paremmaksi.

Tässä opinnäytetyössä päätavoitteita oli kaksi. Ensimmäinen tavoite oli tehdä selvitystyö siitä, mitä vaatimuksia ja tarpeita eri käyttäjillä on maanalaisten kallionporauslaitteiden 3D-malleille. Toisena tavoitteena oli selvitystyön pohjalta tehdä käyttöohje, kuinka CAD 3D-malli muokataan kevyeen ja rakenteelta sellaiseen muotoon, jotta samaa mallia voitaisiin käyttää mahdollisimman laajasti eri osastojen käyttötarkoituksissa. Opinnäytetyössä mallin keventämisellä tarkoitetaan komponenttien poistoa laiterakenteelta, sekä niiden sisältämän tiedon yksinkertaistamista, kuten piirteiden poistoa. Mallin rakenteen muutoksella tarkoitetaan puolestaan laiterakenteen muokkaamista muotoon, jossa esimerkiksi komponentteja on ryhmitelty pienempiin yhtenäisesti liikkeeseen osakokonaisuuksiin.

Työn tilaajana toimi Sandvik Mining and Construction Oy:n tuotekehitys, joka vastaa maanalaisten kallionporauslaitteiden tuotekehityksestä ja ylläpidosta. Työssä haastateltuja eri osastoja voidaan pitää asiakkaina tuotekehitysosastolle. Tuotekehitysosaston tehtäviin kuuluu tarjota 3D-malleihin liittyviä palveluita muille osastoille ja 3D-mallien käyttäjille.

Opinnäytetyön alussa suoritettiin haastattelut viidelle eri Sandvikin osastolle ja yhdelle alihankkijalle, jotka aktiivisesti käyttävät työssään mekaniikkasuunnittelun tuottamia kallionporauslaitteiden 3D-malleja. Haastatteluiden avulla pyrittiin selvittämään tarkasti eri osastojen ja toimijoiden vaatimukset 3D-malleille. Vaatimukset määrittivät sen, kuinka 3D-mallien muokkaus pitää suorittaa. Vaatimusten ollessa selvillä voitiin aloittaa 3D-mallin muokkausprosessi ja visualisointi valituissa ohjelmistoissa. Kun muokkausprosessit oli selvitetty, laadittiin sitä mukaillen käyttöohje.

Opinnäytetyön aikana kaikkiin vaatimuksiin ei pystytty keksimään ratkaisua tai kompromissia johtuen työn laajuudesta ja aikataulun asettamasta rajoitteesta. Jatkotoimenpiteenä työtä on tarkoitus jatkaa ja kehittää eteenpäin tulevana kesänä töiden parissa opinnäytetyön päätyttyä, sekä käsitellä opinnäytetyössä käsittelemättä jääneet vaatimukset ja tarpeet.

2 3D-MALLIEN MUOKKAUS JA KESKEISET TOIMIJAT

Luvussa 2 käsitellään opinnäytetyön kannalta keskeisimpiä asioita, kuten käytettyjä ohjelmistoja, työtapoja ja toimijoita. Keskeisimmät toimijat työn kannalta olivat työn tilaajana toiminut Sandvik Mining and Construction Oy, sekä tällä hetkellä Sandvikin alihankkijana simulaattoriprojekteissa mukana oleva Creanex Oy. Tässä opinnäytetyössä alihankkijasta tai ulkopuolisesta toimijasta puhuttaessa tarkoitetaan Creanex Oy:tä. Käsitellyt ohjelmistot puolestaan liittyivät 3D-mallintamiseen, mallien tarkasteluun tai visualisointiin.

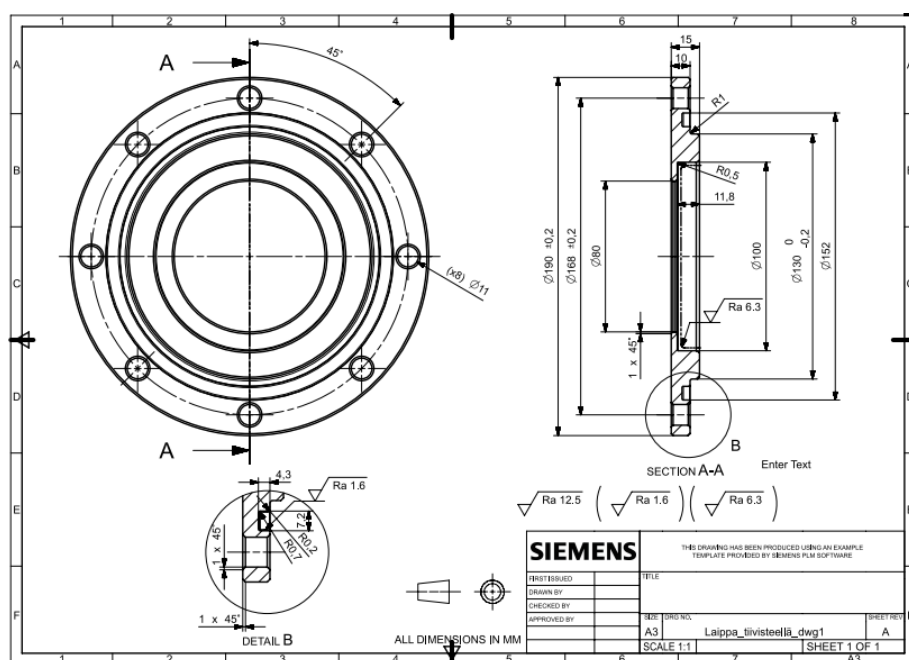
2.1 CAD 3D-mallinnus ja simulointi

Lyhenne CAD tulee englannin kielen sanoista Computer-Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu (Aminrouche 2004, 6). CAD-mallinnus on yleistynyt räjähdysmäisesti viimeisen 40-vuoden aikana. Ennen 1960-lukua CAD tunnettiin vielä nimellä Computer-Aided drafting. Kehitys ohjelmistojen parissa tietotekniikan parissa jatkui, mutta vielä 1970-luvun alussa arvioidusti vain 50 yritystä maailmanlaajuisesti käytti CAD-ohjelmistoja ja tuolloin vain alle 1 % valmistetuista osista oli suunniteltu CAD-ohjelmistojen avulla. Vuonna 1983 Autodesk Corporation julkaisi AutoCAD ohjelmiston, ja jo vuosikymmenen päästä julkaisusta sitä oli ladattu käyttöön yli miljoona kappaletta. (Aminrouche 2004, 11–14.) Tänä päivänä jo pelkästään Dassault Solidworks CAD-mallinnusohjelmaa käyttää maailmanlaajuisesti yli 81 000 yritystä, joiden koko vaihtelee viidestäkymmenestä työntekijästä aina yli tuhanteen työntekijään (Enlyft n.d.).

3D -mallinnuksella tarkoitetaan sitä, kun tietokoneavusteisella ohjelmalla luodaan kolmiulotteisia muotoja. 3D-mallinnusohjelmien toimintaperiaate perustuu vaativiin matemaattisiin kaavoihin. Kolmiulotteisen mallin rajapinnan muodot esitetään matemaattisesti luotuina kartiomaisina-, pallomaisina- tai NURBS-muotoina ja niiden voidaan ajatella liittyvät toisiinsa, luoden vesitiiviitä tilavuuksia. (Siemens n.d.f.)

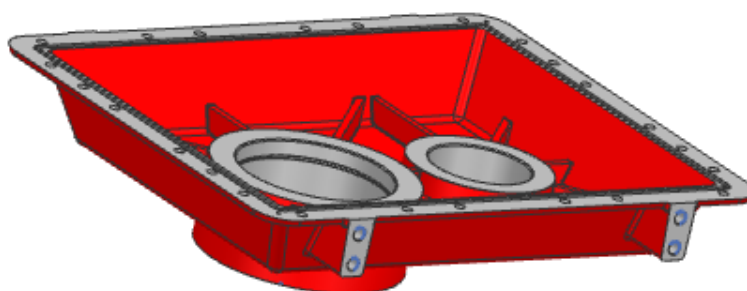
Yleisesti CAD-ohjelmistot käyttävät Karteesista koordinaatistoa datan järjestämiseen ja esittämiseen. Koordinaatisto koostuu origosta eli keskipisteestä, x-, y- ja z-akseleista. CAD-ohjelmistoissa mallintaminen tapahtuu koordinaatistoon piirrettyjen piirteiden avulla. CAD-ohjelmistoissa käytettäviä piirteitä ovat esimerkiksi piirretyt viivat, kaaret, pisteet, neliöt, ympyrät ja monet muut, joiden avulla 3D-malli mallinnetaan. Ohjelmistoissa on lukemattomasti erilaisia erikoistoimintoja, esimerkkeinä erilaiset pyöristys-, särmäys-, peilaus- ja leikkaustoiminnot. (Aminrouche 2004, 16–17.)

Mallinnustapoja on myös monia, kuten rautalanka-, geometrinen- ja parametrisen mallintaminen. Rautalankamalli on kaikista yksinkertaisin tapa esittää geometrisesti muotoja. Rautalankamalli on luotu vain käyttäen pisteitä ja viivoja. Geometrinen mallintaminen koostuu pinta- ja solidimallinnuksesta. Geometrisessä mallintamisessa hyötynä on, että se sisältää tietoa pinta-aloista ja tilavuuksista. Parametrisen mallintamisen hyötynä on puolestaan se, että sitomalla mittoja toisiinsa yhtä mittaa muuttamalla voidaan luotujen ehtojen mukaisesti vaikuttaa myös muihin mittoihin. Tämän etuna on helppo mittojen muutoksien teko. CAD-ohjelmilla on mallintamisen lisäksi monesti myös muita toimintoja, kuten FEM-analyyysien teko ja teknisten valmistuspiirroksien (Kuva 1) valmistus. (Aminrouche 2004, 36–40.)



KUVA 1. Tekninen valmistuspiirustus.

3D-mallinnusta käytetään hyödyksi monissa eri ammateissa, kuten arkkitehtuurissa ja tuotekehityksessä. Tuotekehityksessä olevasta tuotteesta tai laitteesta voidaan 3D-mallinnuksen avulla luoda toimivia virtuaalisia prototyyppejä kolmiulotteisessa muodossa. Tämän avulla laitteen toimivuutta on helppo tarkastella ennen sen päätymistä tuotantoon. (Siemens n.d.f.) Kuvassa 2 on esitetty 3D-mallinnettu vaihteistonkotelon puolikas.



KUVA 2. 3D-mallinnettu vaihteistonkotelon puolikas.

Simulointi tarkoittaa matemaattisen tietokonemallin avulla tehtyä koetta jostain tosielämän fyysisestä tilanteesta. Simulaatio voidaan suorittaa eri syistä, näitä voivat olla tosielämässä suoritettavan kokeen kustannukset, vaarallisuus tai se, että halutaan saada lisätietoa ilman, että kajotaan itse todelliseen järjestelmään. (Oamk n.d.) Simulaatio on laaja käsite. Erilaisia simuloiteja voidaan tehdä esimerkiksi tuotannon prosesseista, koneistutoiminnoista, kokoonpanotoiminnoista, logistiikasta, koulutuskäytössä erilaisten ajoneuvojen ja työkoneiden ohjaus- ja ajotilanteista (Chung 2004, kappale 1 sivu 2). Myös tietokoneiden avulla tehdyt FEM-analyysit ja virtauslaskennat, joita esimerkiksi ajoneuvon eri komponenteille voidaan suorittaa, ovat simuloiteja.

Simulaatioista on niin hyötyjä kuin haittojakin. Hyödyiksi voidaan lukea esimerkiksi prosessin nopeus ja tarvittavien analyyttisten työkalujen vähyys. Ennen simulaatiotyökaluja jonkun toiminnon tai prosessin testaukseen tosielämässä saattoi kuluu kuukausien aika. Nykyiset simulaatio-ohjelmat pystyvät antamaan tuloksen jopa sekunneissa. Simulaation tekemiseen tarvitaan yleensä vain tietokone, simulaatio-ohjelmisto ja ihminen käyttämään tietokoneohjelmistoa. Tosielämässä suoritettavassa testissä simulaatiosta riippuen voidaan tarvita paljon erilaisia analyysin tekemiseen tarvittavia työkaluja, kuten mittareita, antureita, tietokoneita ja testereitä. (Chung 2004, kappale 1 sivu 4.)

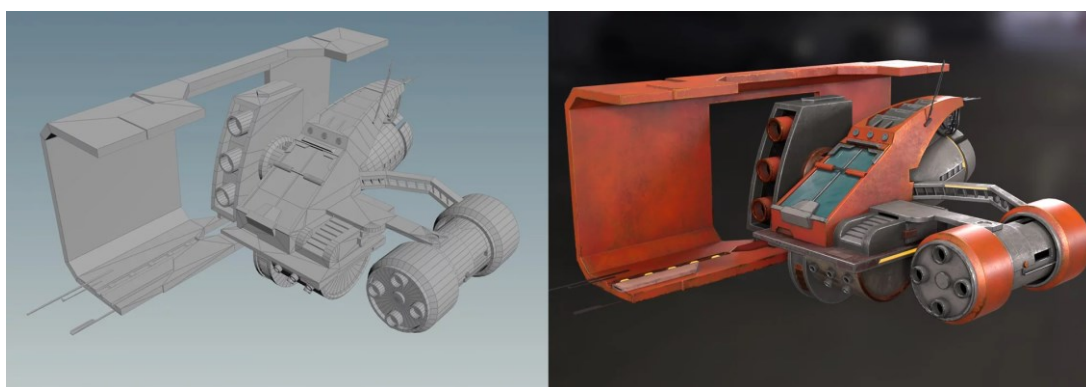
Haittojakin toki simulaatiossa on. Tietokone pelkästään ei pysty suorittamaan simulaatiota alusta loppuun itsenäisesti. Simulaatiota varten on määritettävä alkuarvot, joiden perusteella simulointi tapahtuu. Alkuarvot voidaan määrittää esimerkiksi laskemalla tai käyttämällä valmistajan määrittämiä arvoja. Alkuarvojen syöttämisen jälkeen tietokone suorittaa sen ohjelmiston mukaisesti simuloinnin annettujen alkuarvojen mukaan, mutta jos alkuarvot ovat väärin ei tietokone sitä tiedä ja lopputulos on väärin. Tuloksen oikeellisuuden tulkintaan tarvitaan kuitenkin vielä myös ihmistä. Simuloinnin tulos itsessään ei korjaa ongelmaa, vaan tuloksen tulkinnan pohjalta ihminen määrittää vielä korjaustoimenpiteet kohdattuun ongelmaan. (Chung 2004, kappale 1 sivu 5.)

2.2 Visualisointi

Visualisoinnilla tarkoitetaan mielikuvan luomista tai asian tekemistä näkyväksi silmille. Visualisoinnin tärkeä rooli on vahvistaa ihmisen mielikuvaa tuotteesta ja tehdä siitä visuaalisesti fyysistä tuotetta vastaava kuva. Visualisoinnin avulla voidaan tuoda esimerkiksi omia mielikuvituksia esille muiden nähtäväksi. (Siirtola 2007, 1.) Arkkitehtuurissa visualisoinnilla tarkoitetaan jonkun yksityiskohdan tai vaikkapa rakennuksen kuvallista esittämistä (Krebs 2007, 62). Insinöörien tarve ja käyttö visualisoinneille on puolestaan erilaisien 3D-mallien esittämisessä (Aminrouche 2004, 113).

Visualisoinnin yhtenä hyötynä pidetään, että se helpottaa asian ymmärtämistä kuvamuodossa. Vaativat ja tekniset piirustukset voivat olla liian hankalalukuisia ihmisille, jotka eivät ole alan ammattilaisia ja näin ollen visualisointien avulla esitystapa muutetaan mahdollisimman ymmärrettävään muotoon, jopa niille, joille asia ei ole entuudestaan tuttu. (Krebs 2007, 62.) Visualisoinnin käyttö on myös hyvä markkinointikeino tuotteelle (Moretti 2015). Visualisointia voidaan tehdä kuville, 3D-malleille tai vaikkapa numeeriselle datalle, joka halutaan muuttaa kuvamuotoon. CAD-suunnitteluohjelmistoissa 3D-malleille tehtävää visualisointia kutsutaan tutummin nimellä renderöinti (Intel n.d.).

Kuvissa ja 3D-malleissa esitetyiden pintojen optisten efektien muokkaus on visualisoinnin yksi tärkeimmistä osista. Pintoihin voidaan muokata eri materiaaleja, värejä ja erilaisia valaistukseen liittyviä efektejä. Valaistuksen ja varjojen lisääminen luo pinnoista realistisen näköisiä, ja sillä saadaan luotua tuotteeseen elävyyttä. Kuvassa 3 on esitetty tuote ennen ja jälkeen visualisoinnin.

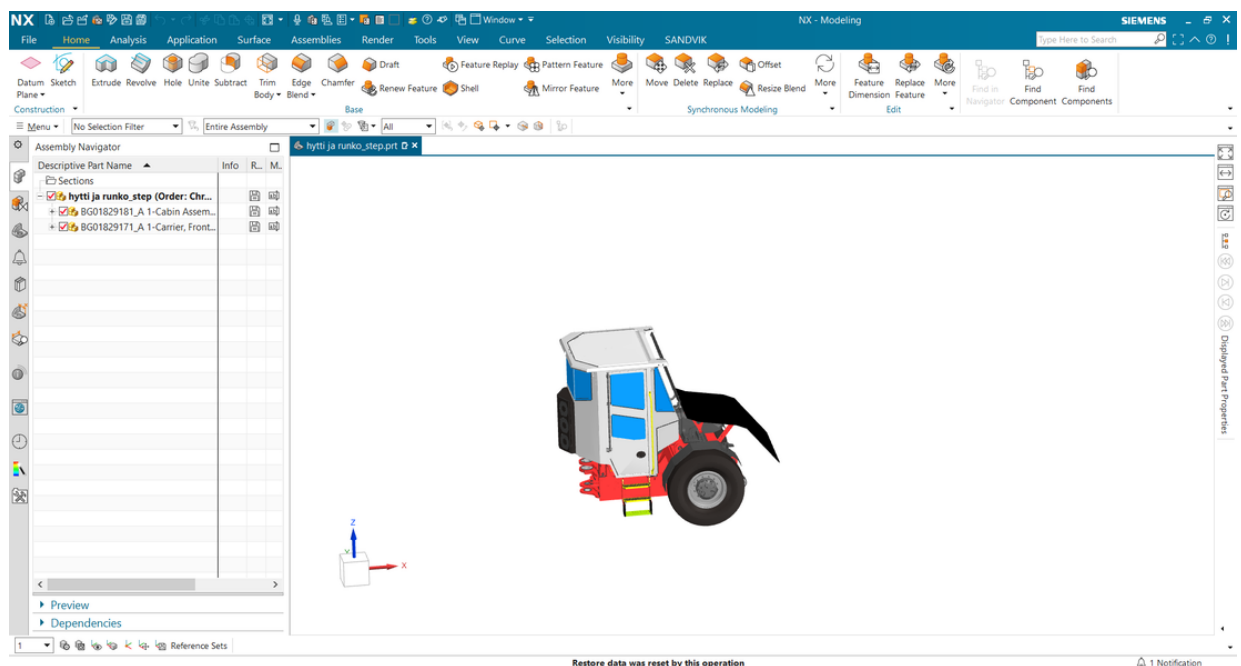


KUVA 3. Tuote ennen ja jälkeen visualisoinnin. (3D-ace 2022)

Myös kuvakulma ja perspektiivi ovat avainroolissa visualisoinnissa. Kuvakulma tulisi valita niin, että katsoja ymmärtäisi, miten kohde on sijoittunut sen ympäristöönsä nähden. (Krebs 2007, 66–71.) Animaatio on yksi tapa tehdä visualisointia. Animaation avulla logiikka idean takana voi olla helpommin ymmärrettävissä, kun esimerkiksi laitteen toiminta esitetään videomuodossa askel askeleelta (Steele & Iliinsky 2019, 329).

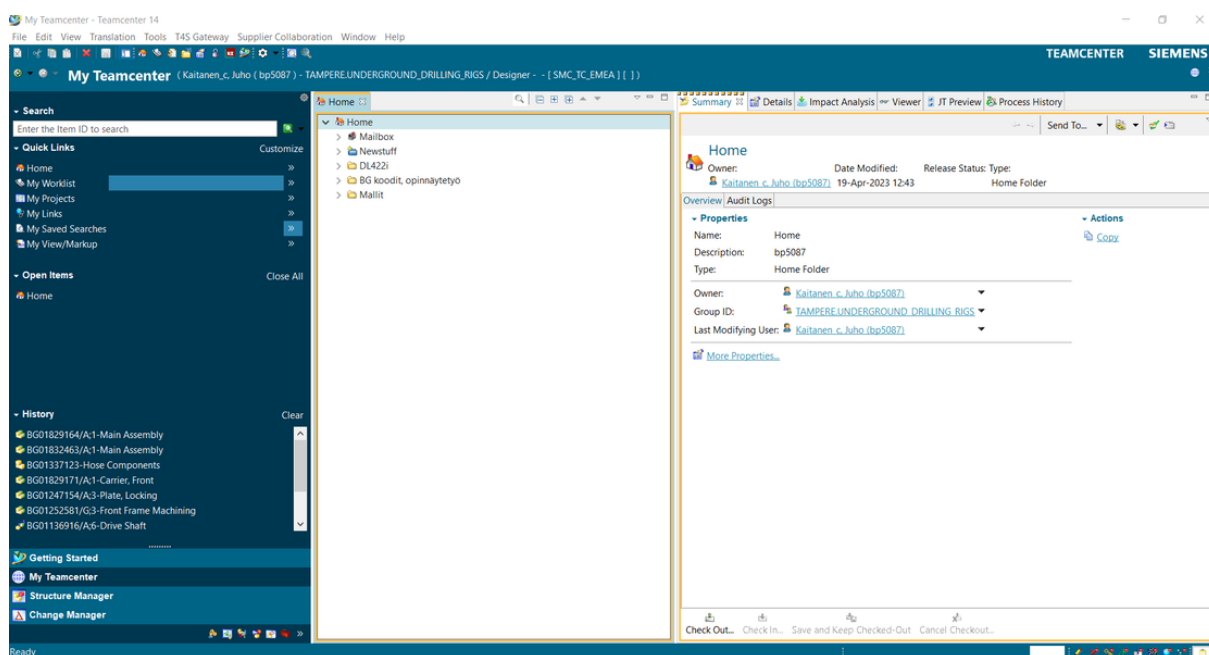
2.3 Ohjelmistot

Siemens NX on Saksalaisen Siemens Oy:n tarjoama CAD-mallinnusohjelma. Ohjelma tarjoaa tehokkaita ratkaisuita nopeampaan ja taloudellisempaan tuotteiden luontiin. NX pitää sisällään todella suuren määrän erilaisia toimintoja niin mekaaniseen suunnitteluun, valmistukseen ja simulointiin. Ohjelmistolla pystytään suunnittelemaan valmistukseen esimerkiksi CAM-ohjelmistoja, erilaisten tuotantolinjojen robottien ohjelmointia ja simulointia, tuotantolinjojen suunnittelua ja osien laatutarkastelua. Suunnittelupuolella ohjelmistolla pystytään tuottamaan tavanomaista mekaniikka-, elektroniikka- ja automaatio suunnittelua. Näiden toimintojen alla on vielä tarjolla suurempi määrä erilaisia erikoistoimintoja työn helpottamiseksi. Esimerkiksi NX CAD-toiminnon alla on erilaisia työkaluja perinteiseen CAD-mallintamiseen, mahdollisuus mekaaniselle reititykselle, kuten letkujen ja johtojen reititykselle ja MBD-mitoitusta. (Siemens n.d.c.) Kuvassa 4 on esitetty NX-mallinnusohjelmiston käyttöliittymä.



KUVA 4. NX-mallinnusohjelman käyttöliittymä.

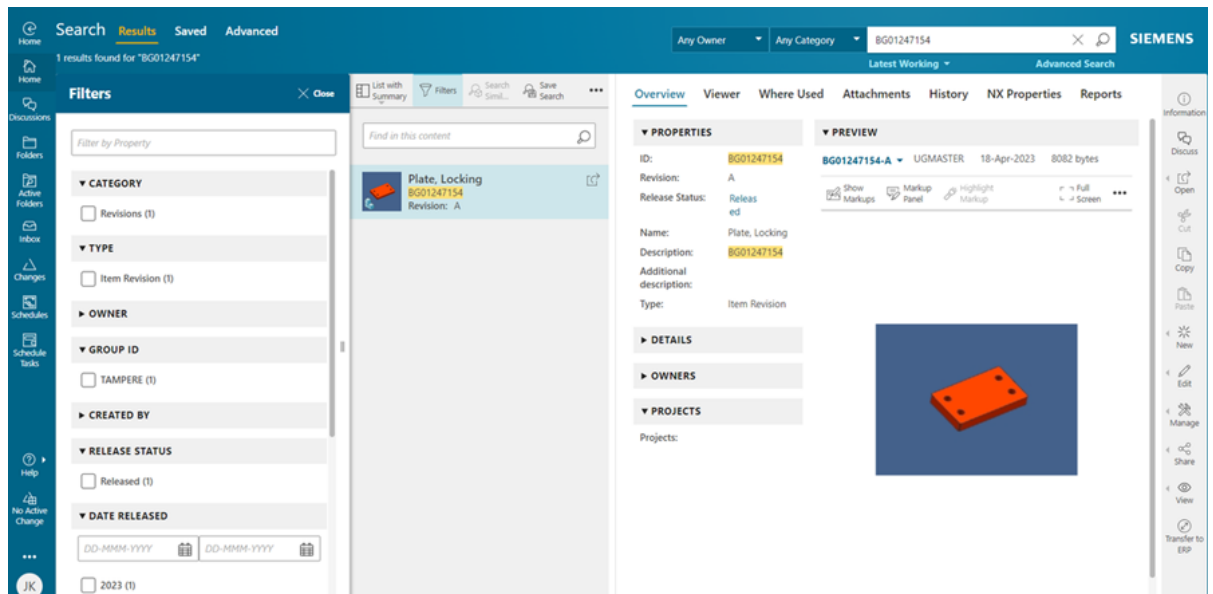
Teamcenter on myös Siemens Oy:n tarjoama tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä. PLM-lyhenne tulee englannin kielen sanoista Product Lifecycle Management. (Siemens n.d.d.) PLM-ohjelmiston avulla voidaan hallita tuotteen elinkaarta aina suunnittelusta sen käytöstä poistoon asti. Tuotekehityksessä tuotteen elinkaari koostuu monista eri vaiheista, eikä varsinaisesti yhtä ja oikeaa elinkaarta ole olemassa. Tyypillisesti tuotteen elinkaari koostuu viidestä eri vaiheesta, jotka ovat konseptointi ja suunnittelu, kehitystyö, tuotanto ja saattaminen myyntiin, tuotetuki, sekä käytöstä poisto. (SAP n.d.) Teamcenteriä voidaan pitää niin sanottuna tietopankkina, johon esimerkiksi tuotekehityksessä työskentelevät henkilöt pääsevät käsiksi, ja josta löytyvät tuotteeseen liittyvät tiedot, kuten 3D-mallit, valmistuspiirustukset ja muut tekniset dokumentit. (Siemens n.d.d.) Kuvassa 5 on esitetty Teamcenter-käyttöliittymä.



KUVA 5. Teamcenter-käyttöliittymä.

Siemensin tarjontaan kuuluu myös Teamcenter-Active Workspace (Kuva 6). Active Workspace on kevyempi nettiselainversio varsinaisesta Teamcenter-ohjelmistosta. Active Workspacen käyttö ei vaadi ohjelmiston asennusta tietokoneelle, sillä käyttö tapahtuu internetselaimen kautta. Active Workspace sisältää samoja toimintoja, kuin varsinainen Teamcenter-ohjelmisto. Active Workspacen kautta

voidaan esimerkiksi tarkastella nimiketietoja, laiterakenteita, teknisiä dokumentteja, sekä ladata ja tarkastella 3D-malleja. (Siemens n.d.e.)

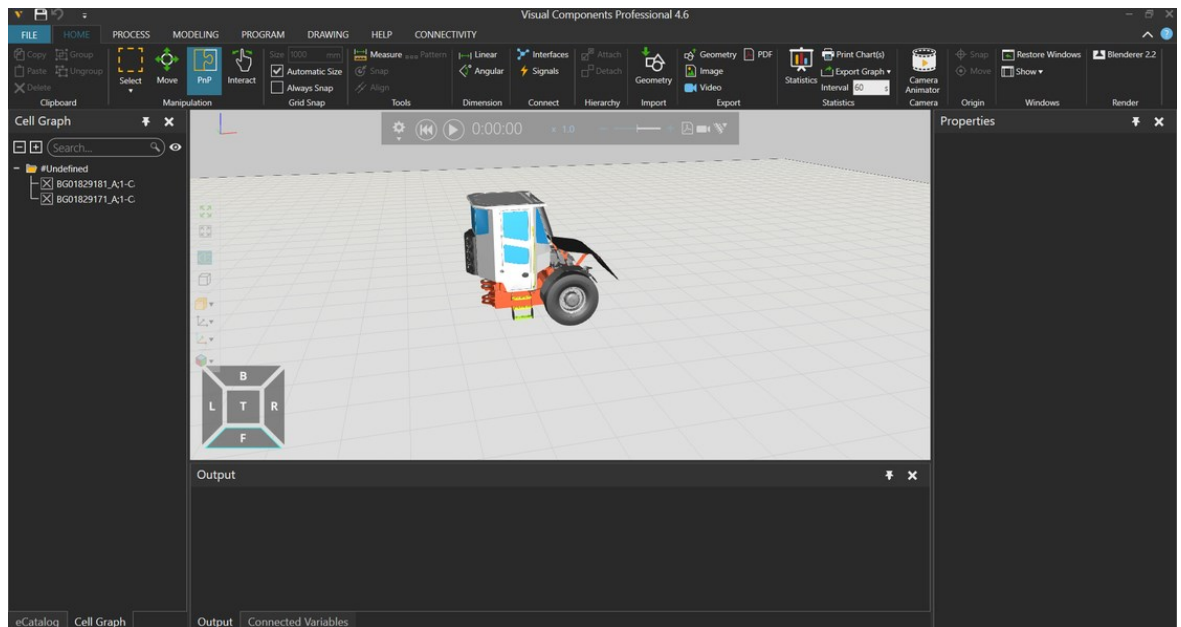


KUVA 6. Teamcenter-Active Workspace -käyttöliittymä.

Visual Components Oy on suomalainen yritys, joka tuottaa nimensä mukaista ohjelmistoa valmistuksen ja tuotannon 3D-simulointiin. Ohjelmiston avulla voidaan esimerkiksi luoda tuotantolinjasto 3D-muodossa, sekä simuloida ja tarkastella sen toimintaa virtuaalisesti. 3D-tarkastelun ansiosta vikatilanteet ja ongelmat tulevat esille ennen varsinaisen tuotantolinjan valmistusta. (Visual Components n.d.a.)

Visual Components tarjoaa kolmea eri ohjelmistovaihtoehtoa, jotka ovat essentials, professional ja premium. Ohjelmistovaihtoehtojen välillä toimintojen määrä on eri. Kalleimmassa premium-vaihtoehdossa käytössä on kaikki ohjelmiston toiminnot, puolestaan essentials ja professional-vaihtoehdoissa toimintoja on rajoitettu. Premium-vaihtoehto tarjoaa suoraan yhteensopivuuksia eri valmistajien laitteiden kanssa, näitä ovat esimerkiksi ABB:n ja Fanuc'in valmiit robotit. Professional ja premium -ohjelmistot tarjoavat myös toimintoja geometrian muokkaukseen. Kaikissa versioissa myös visualisointi on mahdollista erillisen lisäosan avulla. Essentials-paketissa toiminnot ovat kaikista rajoitetuimmat ja se sisältää

vain perustoimintoja, kuten esimerkiksi yksinkertaiset robottien ohjelmoinnit ja linjaston 3D-layoutin luonnin. (Visual Components n.d.b.) Kuvassa 7 on esitetty Visual Components -ohjelmiston käyttöliittymä.



KUVA 7. Visual Components -käyttöliittymä.

JT on Siemensin luoma yksinkertaistettu 3D-mallin tiedostomuoto, jolla on myös ISO-standardi ISO 14306:2017. JT-lyhenne tulee englannin kielen sanoista Jupiter Tessellation. JT-tiedostomuodon edut ovat, että se vaatii vähemmän tallennustilaa ja asettaa vähemmän suoritusvaatimuksia tietokoneelle sen tarkasteluun. (ISO 2023.) JT-tiedostomuotoa ei kuitenkaan kaikki ohjelmistot tue, joten sen avaaminen ja tarkastelu ei kaikilla ohjelmistoilla onnistu. JT2Go on Siemens Oy:n tarjoama ohjelmisto JT-mallien tarkasteluun. JT2Go-ohjelmiston avulla voidaan tarkastella tuotteen 3D-mallia ja sen sisältämiä teknisiä tietoja. (Siemens n.d.a.) Kuvassa 8 on esitetty JT2Go-ohjelmiston toiminnot. Kuvassa 9 on esitetty JT2Go-ohjelmiston käyttöliittymä.

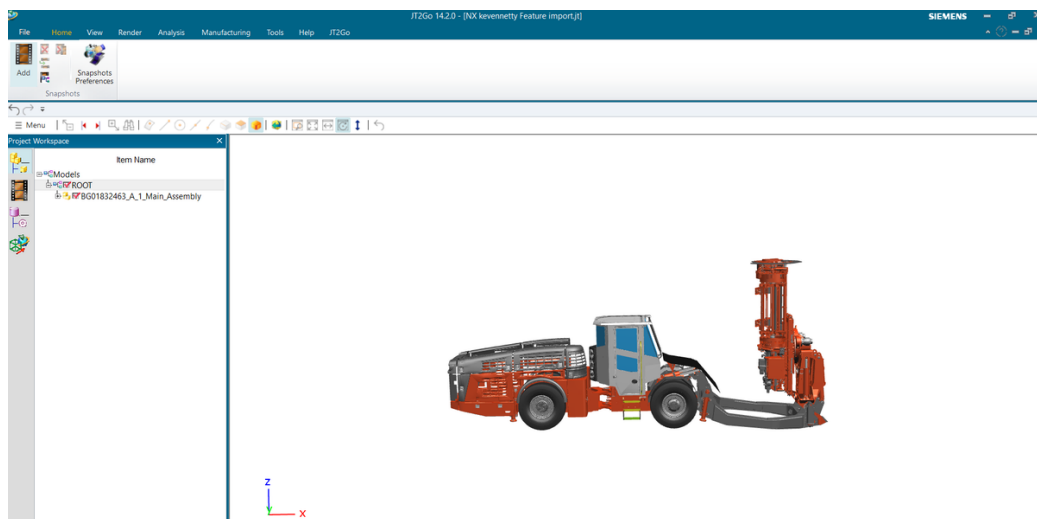
SIEMENS

JT2Go Desktop

What features are included

- JT2Go is a no cost personal viewing tool to allow users to view JT, PDF, Solid Edge, PLM XML with available JT, VF, VFZ, CGM, TIF data and Parasolid files.
- Able to load PDF in the native 2D viewer. For PDF with attached JT, loads PDF in the 2D viewer and the attached JT data in the 3D viewer
- View Parasolid .xt, .xb, .xmt_bin, and .xmt_txt files. Sample XT files are included with the distribution
- Attach JT files to existing PDF files
- Standard features include Zoom, Pan, Rotate, Seek, Zoom Area, Fit All, Product Structure Trees, Attributes and Standard Views
- Basic Measurement using facets in JT files without B-rep
- Precise measurement in JT files that have B-rep
- Geometry selection filters for measurement functions
- Basic Cross-Section on Facets
- PMI viewing with full data management tree display
- 2D Viewing (CGM, TIF) , Zoom, Pan, Seek, Zoom Area, Fit All
- Able to load monolithic JT files from a URL
- Merge PLM XML snapshots
- Create/View snapshots during session
- Ultra-Lightweight Precise (ULP) representation display support
- Print individual Model Views
- Load Native Solid Edge files; 2D .dft and 3D .asm, .par
- Load STEP AP 242 .stpx product structure files and linked JT data
- Load Teamcenter Visualization .vf and .vfz session files.
- Share between users, and silently install, JT2Go session settings using a configuration file

KUVA 8. JT2Go-ohjelmiston toiminnot. (Siemens n.d.b.)



KUVA 9. JT2Go-käyttöliittymä.

2.4 Sandvik Mining and Construction Oy

Sandvik Mining and Construction Oy on suuri kansainvälinen teknologiateollisuuden yritys, joka tuottaa ratkaisuita kaivos-, valmistus- ja infrastruktuuriteollisuuden. Vuonna 2022 Sandvikilla oli myyntiä yli 150 maassa, työntekijöitä noin 40000 ja liikevaihto noin 112 miljardia Ruotsin kruunua. Tällä hetkellä Sandvikin pääkonttori sijaitsee Ruotsin Tukholmassa ja toimitusjohtajana toimii Stefan Widing. (Sandvik n.d.d.)

Yritys on perustettu vuonna 1862 ja sen perustajan toimi Göran Fredrik Göransson. Alun perin yrityksen nimi oli Sandvikens Jernverk. Vuonna 1972 nimi muutettiin nykyiseen muotoonsa. Yrityksen alkuvaiheessa se tuotti pääasiassa metalleja, mutta jo tuolloin tarjontaan kuului myös kallionporauslaitteita. (Sandvik n.d.c.)

Suomessa Sandvikilla on useita eri toimipisteitä, mutta toimipisteitä löytyy myös ulkomailta. Tuotantotilat Suomessa sijaitsevat Turussa, Tampereella ja Lahdessa. Asiakaspalvelu- ja myyntipisteitä Torniossa, Nummelassa, Kajaanissa, Vantaalla ja Nokiolla. (Sandvik n.d.b.) Tampereen Myllypuron toimipisteellä pääasiassa suunnitellaan ja valmistetaan maanalaisia ja maanpäällisiä kallionporauslaitteita.

Sandvik Mining and Construction Oy:llä on kolme eri liiketoiminta-alueita. Toiminta-alueet ovat Sandvik Mining and Rock Solutions, Sandvik Rock Processing Solutions ja Sandvik Manufacturing and Machining Solutions. Sandvik Mining and Rock Solutions keskittyy kallionporaus-, louhinta-, lastaus ja kuljetus-, sekä tunnelintekolaitteisiin. Sandvik Rock Processing Solutions puolestaan keskittyy kivien murskaus- ja seulontalaitteiden suunnitteluun ja toimitukseen. Kolmantena osa-alueena toimii Sandvik Manufacturing and Machining Solutions, joka tuottaa lastuavia työkaluja ja työkalujärjestelmiä esimerkiksi sulautettuihin mittausjärjestelmiin. (Sandvik n.d.a.)

2.5 Creanex Oy

Creanex Oy on suomalainen Tampereella sijaitseva yritys, jonka ammattitaitona ovat tuotekehityspalvelut ja simulaattoriratkaisut. Sen tuottamien palveluiden avulla voidaan kehittää työkoneissa käytettävää tekniikkaa, testata koneita ja ohjausjärjestelmiä, sekä kehittää kuljettajien taitoja virtuaalisesti. Creanex Oy tuottaa tuotekehityspalveluita pääasiassa teollisuudelle. Simulaattoriratkaisuita tuotetaan niin teollisuudelle, kun myös oppilaitoksille. (Creanex n.d.b.)

Tällä hetkellä Creanex Oy tarjoaa Sandvik Mining and Construction Oy:lle simulaattoripalveluitaan. Simulaattoreiden avulla voidaan virtuaalisesti kouluttaa uusia työntekijöitä ja henkilöstöä käyttämään työkoneita. Simulaattoreiden avulla voidaan tehdä tuotekehitystä ja testausta. Kuvassa 10 on esitetty Digital Trainer LH Cabin -koulutussimulaattori. Simulaattori on tulos Creanexin ja Sandvikin Turun toimipisteen lastaus- ja kuljetuskonedivisioonan yhteistyöstä. Simulaattori on rakennettu vastaamaan realistisesti koneen ohjaamon ulkoasua käyttämällä samoja komponentteja, kuten oikeassakin lastauslaitteessa. (Creanex n.d.a.)



KUVA 10. Digital Trainer LH Cabin simulaattori. (Creanex n.d.a.)

3 3D-MALLIEN VAATIMUKSIEN SELVITYS

Luvussa 3 käsitellään eri osastojen ja toimijoiden vaatimukset 3D-mallien suhteen. Vaatimukset määrsivät, kuinka 3D-mallia tarvitsee muokata osaston tai toimijan tarpeiden mukaisesti. Haastateltavia oli yhteensä kuusi kappaletta, viisi Sandvikin sisäistä osastoa, sekä yksi alihankkija. Haastatteluissa pyrittiin käyttämään samoja kysymyksiä jokaisen kohdalla, jotta lopputuloksena olisi mahdollisimman vertailukelpoisia tuloksia. Luvun loppuun on tehty yhteenvetotaulukko kaikkien osastojen asettamista vaatimuksista 3D-malleille, jotta osastojen vaatimukset nähtäisiin mahdollisimman helposti. Alkuperäiset haastattelupöytäkirjat löytyvät liitteistä.

3.1 Tuotelinja

Asiakkailla voi olla erinäisiä tarpeita laitteen 3D-mallin tarkasteluun, esimerkiksi kuinka se mahtuu liikkumaan heidän kaivoksensa tunneleissa. Ennen laitteen ostopäätöstä asiakas voi haluta tarkastella laitetta tarkemmin. Myös laitteen markkinoinnin kannalta asiakkaalle voidaan lähettää tuotteesta tarkasteluun erilaisia visualisoituja 3D-malleja ja kuvia, sekä animaatioita laitteen toiminnasta. Tuotelinjan tarkoitus on toimia mallien välittäjänä mekaniikkasuunnittelun ja asiakkaiden välillä ja vastata tuotteen myynnistä asiakkaalle. Yleensä asiakas esittää toiveensa toimitettavan 3D-mallin tai animaation suhteen. Tuotelinjan edustaja toimittaa asiakkaiden pyynnöt mekaniikkasuunnitteluun, jossa suunnittelijat tekevät malleille tarvittavat muutokset.

Tuotelinjan vaatimukset 3D-mallin suhteen liittyvät lähinnä visuaalisiin ominaisuuksiin. Mallin pitäisi vastata ulkonäöllisesti mahdollisimman paljon valmistettua laitetta. Tämä tarkoittaa sitä, että näkyviä komponentteja ei voitaisi poistaa. Komponentit voivat olla kuitenkin yksinkertaistetussa muodossa. Esimerkiksi moottorin kokoonpano voitaisiin toteuttaa pintamallina ja tyhjentää sisäpuolisista komponenteista. Sama komponenttien yksinkertaistaminen pätee myös muihin kokoonpanoihin. Tämä keventää mallin käsittelyä huomattavasti.

Asiakkaalle toimitettavan 3D-mallin suhteen on myös rajoittavia tekijöitä. Asiakkaalle ei voi antaa täysin oikeita laitteita vastaavia yksityiskohtaisia malleja, tuotevakoilun ja kopioinnin takia. Mallia pitäisi pystyä muokkaamaan niin, että yksityiskohtia olisi manipuloitu. Manipulointeja olisi hyvä suorittaa yksityiskohtien, kuten materiaalivahvuuksien piilottamiseksi. Yksinkertaisesti mallissa pitäisi olla mahdollisimman vähän sellaista tietoa, jota voidaan käyttää tuotevakoiluun. Animaatioissa ja visualisoiduissa kuvissa voidaan käyttää täydellistä suunnittelumallia, sillä ne toimitetaan sellaisessa tiedostomuodossa, josta ei mallin tietoihin pääse käsiksi.

Laitteen 3D-malleja on toimitettu pääsääntöisesti STEP-tiedostomuodossa asiakkaalle. STEP-tiedostomuodossa laitteen 3D-malli on täysin suunniteltua mallia vastaava, jos sille ei ole tehty muokkauksia. STEP-tiedostomuoto aiheuttaa sen, että mallille on tehtävä muokkaustyötä, kuten manipuloida materiaalipaksuuksia tuotevakoilun estämiseksi. Manipulointien tekeminen lisää 3D-mallin muokkaustyömäärää entisestään.

Tällä hetkellä asiakkaille toimitettavat 3D-mallit tulevat mekaniikkasuunnittelusta. Tuotelinja pyytää tietyn laitteen 3D-mallin ja mekaniikkasuunnittelu toteuttaa tarvittavat mallin muokkaukset. Mallien muokkaus kevyempään muotoon on suoritettu vain poistamalla komponentteja, kuten moottori, akselit, puomiston osia, sylintereitä ja pieniä yksityiskohtia, kuten muttereita ja pultteja. Tämä kuitenkin aiheuttaa sen, että laite ei täysin ulkonäöllisesti vastaa oikeaa valmistettavaa laitetta.

Asiakkaalle toimitetaan laitteesta tekninen spesifikaatio, jossa ovat laitteen tekniset tiedot, sekä erilaisia kuvantoja laitteen mitoista sen eri asennoissa. Tuotelinjan ehdotuksena olikin, että jos mahdollista, nämä ilmoitetut asennot olisi hyvä saada määritettyä malliin jo suoraan. Tällöin asiakkaalla olisi mahdollisuus itse liikutella mallia

3.2 Koulutussimulointi

Koulutussimuloinnissa voidaan simulaattoreiden avulla opettaa esimerkiksi laitteen käyttöä ja sen fyysistä rakennetta virtuaalisessa ympäristössä. Koulutussimulointiosasto kehittää myös esimerkiksi erilaisia laitteen vikatilanteessa vian löytämistä helpottavia keinoja. Opinnäytetyön kannalta tärkein haastattelun kohde oli laitteen koulutussimulaattorin 3D-mallia koskevat vaatimukset. Koulutussimulaatio-osastolta haastateltiin kolmea eri henkilöä, jotka toimivat samalla osastolla, mutta eri kehitystehtävissä. Mobiiliapplikaatio, joka kertoisi vikatilanteessa 3D-mallin avulla viallisen komponentin sijainnin, kehitystyö oli kuitenkin vasta niin alussa, että siihen liittyvät tarpeet jätettiin käsittelemättä. Haastattelun pöytäkirja löytyy kuitenkin liitteistä.

Tällä hetkellä suurimmat 3D-mallin vaatimukset koulutussimulaattorille asettaa alihankkija, sillä he tekevät koulutussimulaattorit. Tarkemmat 3D-mallin vaatimukset löytyvät kohdasta 3.5. Koulutussimuloinnissa kehitteillä on myös ohjelmisto, jossa 360 astetta näkyvässä voitaisiin tarkastella laitetta, sekä irrottaa mallista osakokonaisuuksia tarkempaan katseluun. Tätä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi laitteen huoltokoulutukseen, jossa opetetaan komponenttien ja osakoonpanojen sijainteja laitteessa.

Vaatuksina 360 astetta katseluohjelmiston 3D-mallille on, että se näyttäisi päällepäin täydelliseltä JT-mallilta, mutta sitä pystyisi koulutuskäytön kannalta purkamaan pienempiin osakokonaisuuksiin. Ongelmana on kuitenkin ollut, että JT-mallin katseluun ei ole ollut ohjelmistoa käytössä. Ajatuksena olisi, että mekaniikkasuunnittelun toimittamasta JT-mallista saataisiin tallennettua haluttuja osakokonaisuuksia, jotka sitten viedään GLB, FBX tai GLTF-tiedostomuodossa omaan ohjelmistoon.

Tällä hetkellä laitteen 3D-mallin ei tarvitse olla aivan täydellinen malli. Siitä voidaan poistaa pieniä piilossa olevia yksityiskohtia, kuten pultteja ja muttereita, sekä joitain kokoonpanoja. Kuitenkin kehityksessä oleva koulutussimulaattori, jossa hyödynnetään 360 astetta näkyvää, vaatisi mallilta sen, että kokoonpanot olisivat visuaalisesti näkyvissä ja niitä pystyttäisiin tarkastelemaan. Kokoonpanoja ei kuitenkaan tarvitse pystyä purkamaan.

3.3 Automaatio

Automaatio-osasto, jota tähän opinnäytetyöhön haastateltiin kehittää poraukseen liittyvää automaatiota. Automaatiolla pyritään siihen, että panostusreikien poraus tapahtuisi täysin automaattisesti ennalta laaditun poraussuunnitelman avulla. Laite ajettaisiin kaivoksessa oikealle paikalle, jonka jälkeen automaatio hoitaisi viuhkan porauksen.

Automaatio-osasto käyttää työssään lähinnä puomistoon ja poraukseen liittyviä komponentteja. Vähimmäisvaatimuksena 3D-mallille on yksinkertaistetut puomiston ja porauksen komponentit, sekä puomiston muuhun laitteeseen liittävä perälevy. Kuitenkin yksinkertaistettu koko laitteen 3D-malli olisi hahmottamisen kannalta parempi vaihtoehto. Esimerkiksi nykyisessä mallissa puomisto on todella yksinkertaistettu. Puomistosta on poistettu kaikki yksityiskohdat, kuten pulkit, mutterit, kannakkeet ja jopa sylinterit. Muu osa laitteesta on esitetty rautalan-kamallina, joka on juuri hahmotettavissa. Komponenttien massatieto olisi hyvä lisä, mutta ei välttämätön.

Automaatio-osaston käyttämään ohjelmistoon mallin komponentit pitää tuoda osissa. Koko laitetta ei voida tuoda yhdellä kertaa, joten 3D-mallille voi suorittaa osiin pilkkomista. Käytetyin 3D-mallin tiedostomuoto on ollut STL. JT-tiedostomuoto on myös mahdollinen, jos JT-malleille löytyy muokkausohjelmisto.

Tällä hetkellä yhtenä ongelmana automaatio-osastolla on 3D-mallien saatavuus. Ei ole määritetty selkeää ohjetta, kuka suorittaa mallien muokkauksen ja mistä malleja saa käyttöön. Joitain 3D-malleja automaatio-osasto on saatu käyttöön mekaniikkasuunnittelusta ja esimerkiksi stabiliteettiosastolta.

Automaatiotestauksen kannalta komponenttien origot ovat olleet väärässä paikassa 3D-malleissa ja niiden uudelleensijoittaminen on aiheuttanut ylimääräistä työtä. Automaatiotestauksessa 3D-malleissa komponenttien origot pitäisi sijaita komponentin nivelen kääntöakselilla, ja puomiston ollessa 0-asennossa laitteen origon kanssa samassa. Tällä hetkellä 3D-malleissa komponentit paikoittuvat laitteeseen määritetyn laitteen origon suhteen. Origoiden sijainti on välttämätöntä

törmäystestauksen kannalta. Ehdotuksena oli, että komponenttien origoiden sijainneista olisi selkeä ohje esimerkiksi kuvien avulla, mihin yksittäisen komponentin kääntöakseli ja origo sijoittuu.

3.4 Ohjelmistotestaus

Ohjelmistotestauksessa simuloidaan laitteen toimintaa ohjausjärjestelmän näkökannalta. Testauksen avulla voidaan esimerkiksi tarkastaa antureiden toimintaa, kun laitteen liikkeitä ajetaan sen rajoja vasten. Myös yleisesti laitteen liikkeiden tarkastelu törmäyksien varalta suoritetaan ohjelmistotestauksessa. Jos törmäyksiä huomataan testausvaiheessa, voidaan laitteen liikeratoja vielä muokata antureiden avulla törmäyksien estämiseksi.

Yleisesti ottaen ohjelmistotestauksen vaatimukset 3D-mallille ovat vaatimattomat. Tärkeimmät laitteen komponentit, joita ohjelmistotestaus vaatii ovat maatuotetu- ja takarungossa, sekä puomien ja porauskaluston liikkuvat osat, kuten porakangen käsittelijä. Puomin ja porauskaluston komponenteille vaatimuksena on, että niitä pystyy liikuttamaan. Laitteen ulkonäkö voi olla hyvinkin pelkistetty, eikä tarkkoja yksityiskohtia vaadita, mutta tietysti mitä tarkempaa mallia pystytään käyttämään sen parempi. Tarkka koulutussimulaatiomalli korvaa ensimmäisen ohjelmistotestauksen mallin, kun se on saatu valmiiksi. Alihankkijan asettamat tarkemmat vaatimukset ohjelmistotestauksen simulaattorin 3D-mallille löytyvät kohdasta 3.5.

Tällä hetkellä 3D-mallin muokkausprosessi on seuraavanlainen; Mekaniikkasuunnittelu muokkaa mallin, kuten poistaa siitä ylimääräisiä osia, jonka jälkeen malli lähetetään alihankkijalle. Osat lähetetään STEP tai JT-tiedostomuodossa. Alihankkijan tehtävänä on tuottaa ohjelmistotestaukseen sopiva simulaatiomalli, jossa on liikeradat puomin ja porausmoduulin nivelille ja sylintereille.

Ohjelmistotestauksen haastattelusta ilmeni myös, että alihankkijalta tulleen palautteen mukaan mekaniikkasuunnittelusta lähtevää mallia on jouduttu vielä heidän toimestaan muokkaamaan. Myös nivelien ja sylinterien liikerajoista on ollut epäselvyyksiä.

Parannusehdotuksena ohjelmistotestaus mainitsi, että mekaniikkasuunnittelusta lähtevän 3D-mallin mukana olisi esimerkiksi jo valmis taulukoitu tieto nivelien liikeradoista. Taulukon avulla alihankkija ja tarvittaessa ohjelmistotestaus pystyisi itse muokkaamaan 3D-mallin liikeratoja.

3.5 Creanex Oy

Tällä hetkellä Creanex Oy tuottaa Sandvik Mining and Construction Oy:lle simulaattoriratkaisuita koulutus- ja testauskäyttöön. Koulutussimulaattoreilla voidaan kouluttaa eri porauslaitteiden käyttöä virtuaalisesti. Testaussimulaattoreita voidaan puolestaan hyödyntää tuotekehitysvaiheessa erilaisten ohjausjärjestelmien testaukseen. Creanexin käyttämät simulaattorimallit pohjautuvat mekaniikkasuunnittelun tekemiin 3D-laitemalleihin.

Testaus- ja koulutussimulaattoreiden kannalta tärkeimmät ominaisuudet 3D-mallin suhteen liittyvät mallin visuaalisiin ominaisuuksiin, sekä mallin liikeratoihin. Testaussimulaattorimalli on yleensä visuaalisesti karkea, sillä ulkonäöllä ei testauksen kannalta ole väliä. Myös komponentteja on voitu poistaa mallista. Testaukseen tarvittavat komponentit mallissa on kuitenkin esitettävä tarpeeksi selkeästi, jotta niistä saa selvän. Koulutussimulaattorimallin pitää vastata visuaalisesti todellista laitetta, jotta simulaattori saadaan mahdollisimman aidon tuntuiseksi ja todellisuutta vastaavaksi. Näkyviä komponentteja ei näin ollen voida poistaa. Koulutus- ja testaussimulaattorissa visuaalisuuden lisäksi tärkeintä on komponenttien liikkuvuus. Tällä hetkellä liikkeet luodaan Creanex-ohjelmistossa, sillä Sandvikin tuottamat mallit ovat staattisia.

Laitteen 3D-mallin Creanex saa Sandvikin mekaniikkasuunnittelusta. Mekaniikkasuunnittelija tekee mallille tarvittavat muutostyöt, kuten komponenttien poiston, jonka jälkeen se tallennetaan Creanexin verkkolevykansioon. Kansiosta Creanexin työntekijä käy poimimassa mallin ja aloittaa simulaatiomallin luomisen. Simulaatiomalli luodaan Creanex-ohjelmistoon konfiguroimalla, käyttämällä Sandvikin toimittaman 3D-mallin komponentteja. Konfiguraatiossa jokaiselle komponentille annetaan x-, y- ja z-koordinaatit, joiden avulla komponentit paikoittuvat

oikein simulaatio-ohjelmistoon. Laitteen 3D-malli voidaan toimittaa STEP tai JT-tiedostomuodossa.

Mallin muokkaamisen tarve Creanexilla on ollut laitteiden tekstuuri- ja materiaali- ja tekstuuritietoja saada. Sandvikin markkinointimallit ovat valmiiksi teksturoituja ja sopivat myös Creanexin käyttötarkoitukseen. Ehdotuksena oli, että mahdollisuuksista Sandvikin markkinointimallin jakamisesta Creanexin käyttöön tehtäisiin tarkempi selvitystyö.

Laitteen kehityksen aikana 3D-mallin visualisointi myös muuttuu useaan kertaan. Hyvä kommunikaatio laitteen kehitystyön aikana Sandvikin ja Creanexin välillä olisi äärimmäisen tärkeää. Näin ollen kumpikin yritys olisi tietoinen siitä, mitä visualisointeja laitteelle on jo tehty. Visualisointityötä ei tarvitsisi tehdä kahteen kertaan, vaan hyvän kommunikaation ansiosta yritykset voisivat käyttää samoja visualisoituja malleja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos esimerkiksi Sandvikin myynti luo visualisoidun ja teksturoidun 3D-mallin ennen Creanexia, voisi Creanex ottaa suoraan valmiiksi visualisoidun mallin käyttöönsä. Sama pätee myös päinvastoin.

Laitteen rakenteen pilkkominen myös pienempiin osakokonaisuuksiin helpottaisi työtä. Simulaattoria varten tarvittavat komponentit löytyisivät näin helpommin.

3.6 Stabiiliteettisimulointi

Stabiiliteettisimuloinnin tarkoituksena on nimensä mukaisesti tarkastella, kuinka stabiili laite on eri poraus- tai ajotilanteissa. Simuloinnin tuloksena saadaan laitteelle rajaehdot, minkälaisissa asennoissa laitteella voidaan esimerkiksi porata reikiä laitteen kaatumatta. Stabiiliteettisimulointi tehdään laitteella pääasiassa valmiiden Excel-laskentataulukoiden avulla. On kuitenkin erikoisempia simuloituja, joita ei voida suorittaa Excelin avulla. Nämä erikoistilanteet suoritetaan tietokoneohjelmiston avulla, johon tarvitaan laitteen 3D-mallia.

Stabiliteettisimuloinnin kannalta tärkeimmät tiedot liittyvät komponenttien massoihin ja painopisteisiin. Simuloinnin kannalta on välttämätöntä, että 3D-mallissa komponenttien tiheydet, joiden avulla massat lasketaan, ovat mallinnettu oikein. Mallin pitäisi sisältää myös nivelpisteiden ja sylinterien liikealueet. Simulointiin tarvitaan kaikkien komponenttien massatiedot, joten 3D-mallista ei voida poistaa mitään osia tai komponentteja. 3D-mallin grafiikka voi kuitenkin olla pelkistetty, sillä se ei vaikuta simulointiin. Yksinkertaisiin stabiliteettisimulointeihin, joita esimerkiksi voidaan laskea valmiilla Excel-taulukoilla riittää yksinkertaisimmillaan vain massataulukko, jossa on komponenttien painopisteet ja massat.

Tällä hetkellä stabiliteettisimulointia tekevä henkilö hakee 3D-mallin itse Teamcenteristä ja se tallennetaan STEP-tiedostomuodossa ulos. Sen jälkeen Spaceclaim-nimisessä ohjelmassa tehdään laitteen paloittelu, grafiikan siistiminen ja punnitseminen. Yleensä laite tuodaan simulointiohjelmaan kolmessa suuremmassa kokoonpanossa, jotka ovat puomi, syöttölaite ja laitteen runko. Pääsääntöisesti käytetty 3D-mallin siirtomuoto on STEP-tiedostomuoto, joka sitten muutetaan Mevea-simulointiohjelmistoon STL-tiedostomuotoon. Myös muu kolmiografiikka, kuten JT käy Mevea-ohjelmistoon, jos massatiedot säilyvät tiedoston mukana.

Mallin rakenteen pilkkomisen voi mekaniikkasuunnittelu tehdä. Mallin pienempiin osiin pilkkomisen monikappaledynamiikan mallintamista varten tekee stabiliteettisimuloija, sillä se on oleellinen mallinnuspäätös. Stabiliteettisimuloija on myös itse vastuussa grafiikoista ja osien punnitsemisesta, sen vuoksi niitä ei muut voi tehdä.

Ehdotuksena stabiliteettisimuloinnin kannalta esitettiin, että Teamcenterissä oleva laitteen rakenne olisi erilainen, jossa yhtenä kappaleena liikkuvat osakokonaisuuudet olisivat samassa kokoonpanossa. Myös se tuli esille, että jos stabiliteettisimuloinnin käytössä olisi assosiatiivinen 3D-malli laitteen oikeaan malliin nähden. Kolmas kehitysehdotus oli, että toimitettavassa 3D-mallissa esimerkiksi runko ja syöttölaitteet olisivat pintamalleina.

3.7 3D-mallien vaatimukset listattuna

Vaatimuksien hahmottamisen helpottamiseksi taulukkoon 1 on listattuna eri osastojen ja toimijoiden tärkeimmät 3D-mallin vaatimukset. Jos taulukon vasemmassa laidassa esitetty asia käy osastolle tai toimijalle on se merkattu kirjaimella x, jos esitetty asia käy ehdollisesti on se esitetty merkinnällä (x). Ehdot ja tarkennukset vaatimuksiin käyvät ilmi luvun kolme haastatteluiden kohdista 3.1–3.6. Haastattelupöytäkirjat löytyvät myös liitteistä alkuperäisessä muodossa.

TAULUKKO 1. Osastojen ja toimijoiden tärkeimmät vaatimukset 3D-malleille.

Toimijat:	Tuote- linja	Alihank- kija	Koulutus- simulointi	Ohjelmisto- testaus	Stabiiliteet- tisimulointi	Auto- maa- tio
JT-tiedosto- muoto		x	x	x	(x)	(x)
STEP-tiedos- tomuoto	x	x		x	x	
STL-tiedosto- muoto						x
Ulkopinnoilta visuaalisesti täydellinen 3D- malli	x	x	x			
Mallin yksityis- kohtien poisto/muok- kaus	(x)	x		x		x
Malli sisältää kaikki kom- ponentit					x	
Laiterakenteen pilkkominen		x	x	x	x	x

Yleisenä maininnan arvoisena huomiona haastatteluissa ilmeni kommunikaation puute Sandvikin sisäisesti eri osastojen välillä, sekä alihankkijan ja Sandvikin välillä. Kommunikaation puutteesta johtuen 3D-mallien kanssa toimiville henkilöille oli tullut eteen monia epäselviä tilanteita. Epäselvyyksiä oli esimerkiksi mistä laitteiden 3D-mallit löytyvät, kuinka niitä kuuluu muokata, kuka malleja hallinnoi ja miten malleihin pääsee käsiksi, jos käytössä ei esimerkiksi ole suunnitteluohjelmistoa. Moni haastateltava ehdottikin, että kommunikaation pitämiseen eri osastojen ja toimijoiden välillä olisi kehitettävä yksinkertainen ja toimiva ratkaisu.

4 MUOKKAUSPROSESSIN KUVAUS JA OHJEISTUKSET

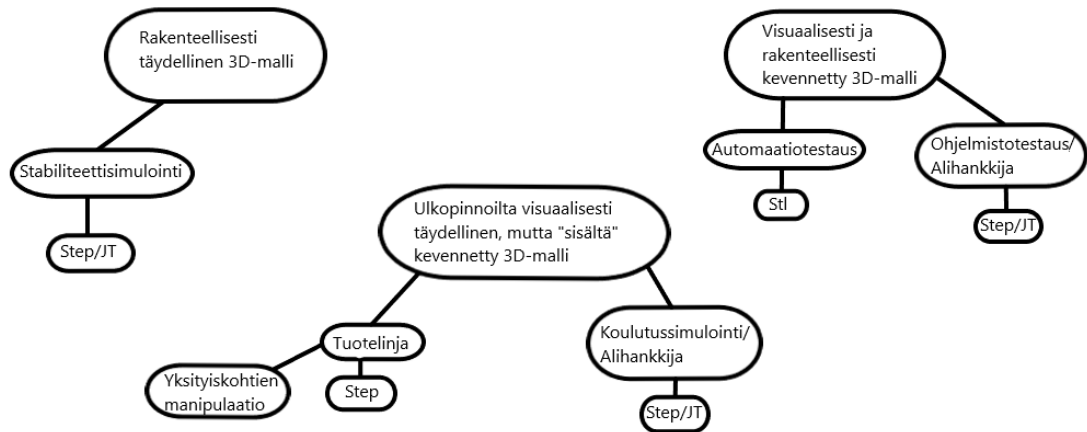
Luvussa 4 käsitellään haastatteluissa ilmenneiden vaatimuksien pohjalta 3D-mallin muokkausprosessi ja visualisointi osastokohtaisesti, sekä laaditaan näihin prosesseihin ohjeistus. Kaikkien osastojen vaatimuksiin ei työssä ehditty vastamaan. 3D-mallin muokkausprosessien ohjeistusta tehdessä päädyttiin ottamaan huomioon tuotelinjan, ohjelmistotestauksen, sekä alihankkijan vaatimukset. Alihankkijan vaatimukset koskivat ohjelmistotestauksen simulaattorimallia.

4.1 3D-mallien lähtötilanne ja muokkausprosessi

Luvun 3 taulukkoon 1 on listattuna osastojen ja toimijoiden tärkeimmät vaatimukset 3D-mallin suhteen. Taulukon 1 tuloksien pohjalta on laadittu kuvio 1, jossa on yksinkertaisesti esitetty vaatimus 3D-mallille, sen käyttäjäryhmä ja missä tiedostomuodossa kyseinen käyttäjä laitteen 3D-mallin vaatii.

Kuviosta 1 voidaan nähdä, että tällä hetkellä osastojen ja toimijoiden tarpeet voitaisiin täyttää optimaalisesti kolmella lähtökohtaisesti erilaisella mallilla, sekä lisäksi tekemällä tuotelinjan 3D-malliin kevennyksen jälkeen yksityiskohtien manipulaatiota. Jakoa voidaan myös tarvittaessa soveltaa eri tilanteissa. Esimerkiksi automaatiotestaus ja ohjelmistotestaus voi tarpeen tullen käyttää rakenteellisesti täydellistä 3D-mallia, joka sisältää kaikki komponentit. Jaottelu ei välttämättä pidä paikkaansa tulevaisuudessa, sillä esimerkiksi koulutus- ja huoltosimulaattorissa ainakin suuremmat kokoonpanot olisivat jossain määrin laitteen 3D-mallista löydyttävä.

Pääsääntöisesti kuviosta 1 voidaan todeta, että malli voidaan toimittaa STEP tai JT-tiedostomuodossa lukuun ottamatta automaatio-osaston vaatimusta STL-tiedostomuodosta. Tiedostomuodon vaatimus on helppo toteuttaa, sillä työssä käytetystä muokkausohjelmistosta mallin tallentaminen onnistuu STEP, STL ja JT-tiedostomuodossa.

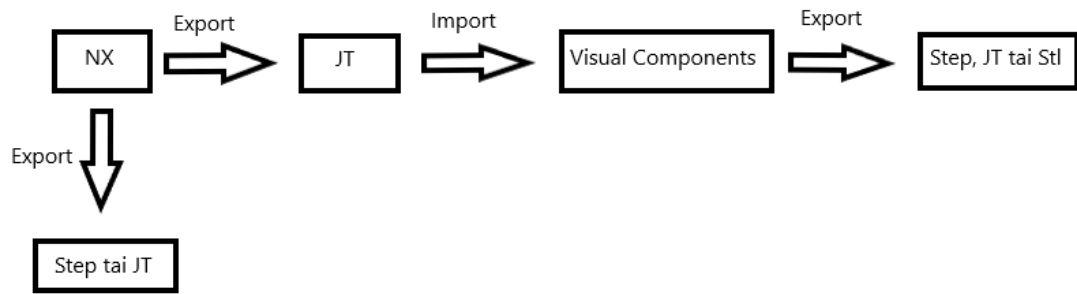


KUVIO 1. 3D-mallien vaatimukset, käyttäjät ja tiedostomuodot.

Kuviossa 2 on esitetty yksinkertaisesti 3D-mallin muokkausprosessin kulku opinnäytetyön aikana, ja ehdotus siitä millä tavalla 3D-mallin muokkaamisen voisi jatkossa toteuttaa. Yksityiskohtaisempi kuvaus 3D-mallin muokkaamisesta on esitetty kohdassa 4.3.

3D-mallin muokkausprosessi aloitettiin Siemens NX-mallinnusohjelmistolla. Mallinnusohjelmistossa 3D-mallille voitiin tarvittaessa suorittaa muokkausta, kuten komponenttien piilottamista. Ennen muokkaustoimenpiteiden tekoa muokkaamaton 3D-malli voitiin tallentaa stabiiliteettisimuloinnin käyttöön STEP tai JT-tiedostomuodossa.

NX-ohjelmistossa suoritettujen muokkaustoimenpiteiden jälkeen 3D-malli tallennettiin JT-tiedostomuodossa tietokoneen muistiin. Tietokoneen muistista 3D-malli tuotiin Visual Components -ohjelmistoon. Visual Components -ohjelmistossa 3D-mallille voitiin suorittaa haluttuja muokkaustoimenpiteitä, kuten komponenttien poistamista. Komponenttien poistamisen mahdollisti se, että 3D-malli ei enään ole yhteydessä tiedostonhallintajärjestelmä Teamcenteriin. Visual Components- ohjelmistossa suoritettujen muokkaustoimenpiteiden jälkeen 3D-malli voitiin tallentaa eri osastojen käyttöön STEP, STL tai JT-tiedostomuodossa.



KUVIO 2. Ehdotus laitteen 3D-mallin muokkausprosessista.

4.2 3D-mallin muokkaamiseen käytetyt ohjelmistot

Yksi tämän opinnäytetyön vaiheista oli valita tarvittavat ohjelmistot, joilla laitteiden 3D-malleille pystyttiin suorittamaan tarvittavat muokkaustyöt. Opinnäytetyössä 3D-mallin muokkausohjelmistojen lisäksi käytössä oli myös muitakin ohjelmistoja ja ne ovat käsitelty tarkemmin kohdassa 4.2.1. 3D-malleille suoritettavia muokkaustöitä olivat esimerkiksi 3D-mallin keventäminen poistamalla komponentteja ja piirteitä, mallien visualisointi, yksityiskohtien manipulaatio ja laiterakenteen muuttaminen. Kuviossa 2 on mainittu ne ohjelmistot, joiden avulla opinnäytetyön aikana 3D-mallin muokkaustoimenpiteet suoritettiin.

Ensimmäinen kuviossa 2 mainittu ohjelmisto on Siemens NX. Siemens NX -ohjelmisto on Sandvikin sisäisesti käyttämä 3D-mallinnusohjelma, joka on yhteydessä Siemens Teamcenter-tiedostonhallintajärjestelmään. Yhteys Teamcenterin ja NX:än välillä mahdollistaa sen, että käytössä on aina päivitettyt versiot laitteen tiedoista, kuten laiterakenteesta ja 3D-malleista. NX mahdollistaa myös laitteen 3D-mallin muokkaamisen. NX:stä 3D-malli voidaan tallentaa esimerkiksi JT ja STEP-tiedostomuodoissa ulos muiden ohjelmistojen käyttöä varten. Edellä mainittujen asioiden takia NX-mallinnusohjelmiston sisällyttäminen muokkausprosessiin on pakollista.

Toinen, kuviossa 2 mainittu ja muokkausprosessissa käytetty ohjelmisto on Visual Components. Visual Components -ohjelmistolla suoritettiin muokkausprosessin aikana 3D-mallin muokkaamista, kuten mallin kevennystä poistamalla komponentteja, mallin muotojen yksinkertaistamista, 3D-mallin sisältämien piirtei-

den poistoa ja visualisointia. Visual Components -ohjelmistolla pystyttiin tekemään monipuolisesti 3D-mallin muokkaustöitä. Hyvä puoli ohjelmistossa on se, että se ei ole yhteydessä Teamcenter-järjestelmään. Se mahdollistaa sen, että 3D-mallille voidaan tehdä käytännössä mitä vain muokkaustöitä, ilman vaikutusta alkuperäiseen malliin ja tiedonhallintajärjestelmään. Visual Components -ohjelmistossa muokattu 3D-malli voidaan tallentaa esimerkiksi JT, STEP ja STL-tiedostomuodoissa.

Visual Components -ohjelmistoa oli käytetty Turun Sandvikin toimipisteellä tuotantolinjan prosessin suunnitteluun. Tämän vuoksi ohjelmisto oli jo entuudestaan tuttu Sandvikille ja se myös vaikutti siihen, että kyseinen ohjelmisto valittiin käyttöön tässä opinnäytetyössä. Valintaan vaikuttivat myös ohjelmiston ominaisuudet.

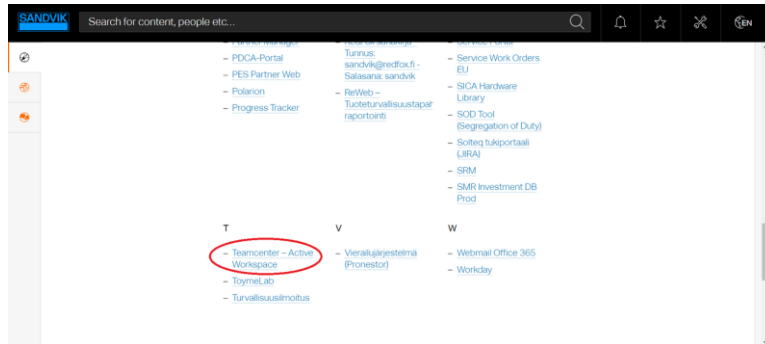
4.2.1 Muut käytetyt ohjelmistot

Opinnäytetyön edetessä käyttöön löydettiin muitakin ohjelmistoja, jotka tarjosivat helpotusta 3D-mallien kanssa työskentelyyn. Näiden ohjelmistojen avulla myös sellaiset toimijat, joilla ei ole lisenssiä esimerkiksi NX-ohjelmistoon, pystyvät työskentelemään 3D-mallien parissa. Nämä työskentelyä helpottavat ohjelmistot olivat JT2Go ja Teamcenter-Active Workspace.

JT2Go on ilmainen tietokoneella ladattava katseluohjelmisto, jolla voidaan tarkastella JT-malleja ja malleihin liittyviä tuotetietoja. Opinnäytetyössä JT2Go-ohjelmistoa käytettiin Visual Components -ohjelmistosta tallennetun JT-mallin tarkasteluun. JT2Go -ohjelmistolla on myös mahdollista suorittaa 3D-mallille todella kevyttä visualisointia. Ne toimijat, joilla ei ole lisenssiä esimerkiksi NX-ohjelmiston käyttöön pystyvät JT2Go:n avulla tarkastelemaan JT-malleja, mallien sisältämää tuotetietoa ja tuoterakennetta.

Teamcenter-Active Workspace on puolestaan internetselainversio suunnittelijoiden käytössä olevasta Teamcenter-sovelluksesta. Active Workspace vaatii saman lisenssin, kuin suunnittelijoiden käytössä oleva Teamcenter-sovellus. Ohjel-

miston käyttö tapahtuu Sandvik Tampereen intranetin kautta ”Sovelluslinkit”-kohdasta (Kuva 11). Active Workspacen hyödyksi opinnäytetyön aikana katsottiin se, että yhdessä JT2Go-ohjelmiston kanssa se mahdollistaa helpon 3D-mallien ja mallien tuotetietojen tarkastelun. Active Workspace ei vaadi minkään ohjelmiston asennusta tietokoneelle, sillä se toimii täysin internetselaimen avulla.



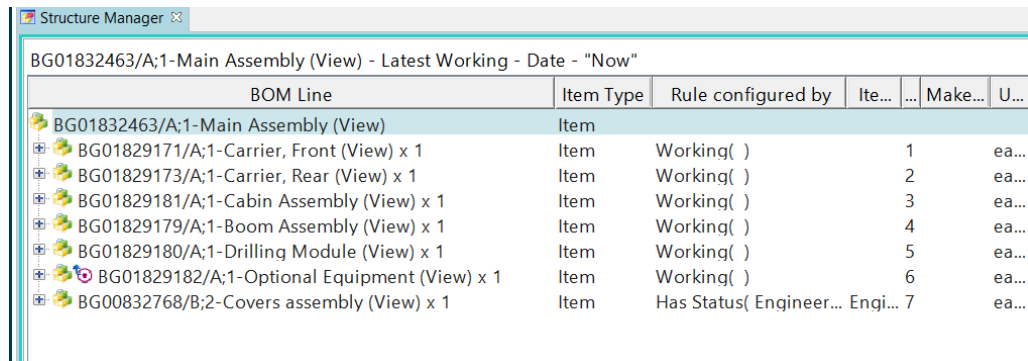
KUVA 11. Active Workspacen löytäminen.

4.3 Ohjeistus 3D-mallin muokkausprosessiin

Opinnäytetyössä esimerkkinä käytetty 3D-malli muokattiin ohjelmistotestauksen ja alihankkijan asettamien vaatimuksien mukaisesti. Esimerkkimallina käytettiin DL422I-laitetta. Tämä laite valittiin sillä perusteella, että kyseisestä mallista ei vielä tietyllä spesifikaatiolla ollut tehty testaussimulaattoria ohjelmistotestauksen käyttöön. Opinnäytetyöhön muokkausprosessin ohjeistusta ei laadittu yksityiskohtaisesti Sandvikin sisäisten toimintatapojen suojaksi. Tarkka muokkausprosessin ohjeistus laaditaan Sandvikin sisäisesti.

Muokkausprosessi aloitettiin luomalla Teamcenterissä uusi päätason nimike/BG-koodi, jonka alle laitteen 3D-malli konfiguroidaan, sekä lisätään muut tuotetiedot. Päätason nimikkeellä tarkoitetaan kuvassa 12 olevaa ”Main Assembly” -nimikettä. Luotu päätason nimike/BG-koodi ei vielä tässä vaiheessa sisältänyt minkäänlaista rakennetta. Rakenteen tekemistä varten luotiin vielä haluttu määrä uusia alempia päätason nimikkeitä. Alemmalla päätason nimikkeellä tarkoitetaan kuvassa 12 kaikkia ”Main Assembly” -nimikkeen alla olevia nimikkeitä. Yksinkertaistetulla rakenteella (Kuva 12) pyrittiin selkeyttämään minkä päätason koodin alta mikäkin kokoonpano ja komponentti löytyvät. Luotujen alempien päätasojen

nimikkeiden alla ei kuitenkaan luonnin jälkeen vielä ollut minkäänlaisia nimiketietoja. Nimiketiedot alempien päätasojen alle saatiin suorittamalla laitekonfiguraatio ja kopiaamalla konfiguroidut nimikkeet luotujen alempien päätasojen nimikkeiden alle. Konfigurointi tarkoittaa laitteen 3D-mallin ja laiterakenteen muodostamista halutun laitespesifikaation mukaisesti.



BOM Line	Item Type	Rule configured by	Ite...	...	Make...	U...
BG01832463/A;1-Main Assembly (View)	Item					
BG01829171/A;1-Carrier, Front (View) x 1	Item	Working()	1		ea...	
BG01829173/A;1-Carrier, Rear (View) x 1	Item	Working()	2		ea...	
BG01829181/A;1-Cabin Assembly (View) x 1	Item	Working()	3		ea...	
BG01829179/A;1-Boom Assembly (View) x 1	Item	Working()	4		ea...	
BG01829180/A;1-Drilling Module (View) x 1	Item	Working()	5		ea...	
BG01829182/A;1-Optional Equipment (View) x 1	Item	Working()	6		ea...	
BG00832768/B;2-Covers assembly (View) x 1	Item	Has Status(Engineer... Engi...	7		ea...	

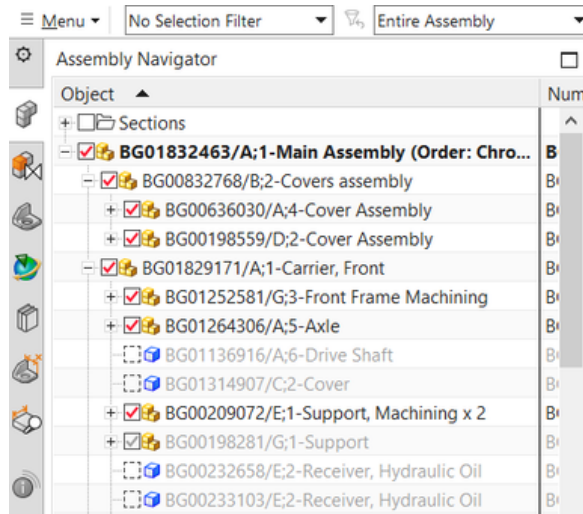
KUVA 12. Luotu laiterakenne.

Laiterakenteen luomisen ja 3D-mallin konfiguroinnin jälkeen voitiin aloittaa 3D-mallin muokkaaminen. Mallin muokkaus suoritettiin esitettyjen vaatimuksien mukaisesti. Malliin liittyvät ensimmäiset muokkaustoimenpiteet suoritettiin NX-mallin ohjelmistossa. 3D-mallille suoritettavat muokkaustoimenpiteet liittyivät mallin keventämiseen, piilottamalla testaussimulaattorin kannalta ylimääräisiä nimikkeitä/komponentteja.

Alemman päätason kokoonpanojen alla olevia nimiketietoja rakenteelta ei saa poistaa. Jos nimike halutaan "poistaa" mallista, se pitää suorittaa "Hide" tai "Suppress" -komentoilla, jotta laiterakenteeseen ei tehdä muutosta. "Hide"-komento on suositeltavampi, sillä "Suppress"-komento piilottaa nimikkeen myös muiden laitteiden kokoonpanoista, jossa kyseistä nimikettä käytetään. "Suppress"-komento on myös työläämpi, jos "suppressoitu" nimike halutaan jälkeempään näkyviin.

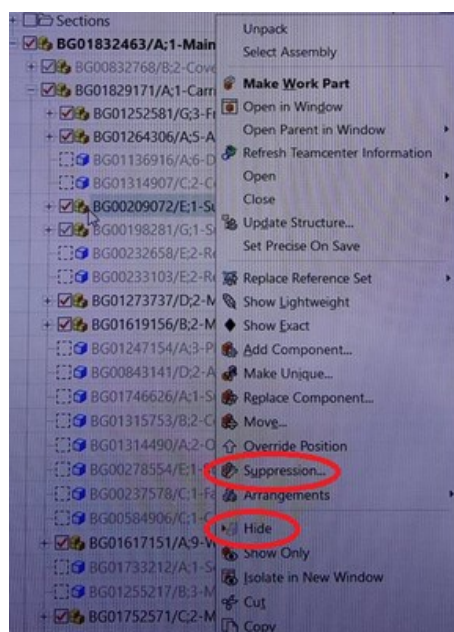
Kuvassa 13 on esitetty mallin rakenteen keventämistä "Hide" ja "Suppress" -komentoilla. "Hide"-toiminnolla nimikkeitä voidaan piilottaa myös alempien kokoonpanojen alta. "Suppress"-toiminnolla piilotuksia voidaan tehdä vain kokoonpanon alemman päätason nimiketiedolle kuvan 13 osoittamalla tavalla. Jos nimiketieto

näkyy harmaalla, on siihen käytetty ”Hide”-komentoa. Sininen laatikko nimikkeen koodin edessä puolestaan tarkoittaa, että nimikkeeseen on käytetty ”Suppress”-komentoa.



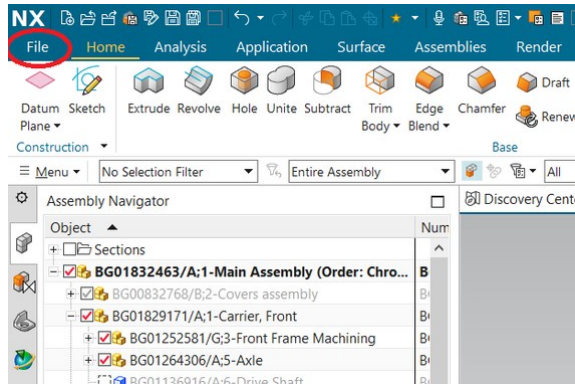
KUVA 13. 3D-mallin kevennys.

”Hide” ja ”Suppress” -komennot löytyvät valikosta, joka löytyy painamalla hiiren oikeaa näppäintä nimikkeen/BG-koodin päällä (Kuva 14). Jos laitteen 3D-malli halutaan jatkossa nähdä avautuessaan kevennetyssä muodossa, suoritetaan nimikkeiden piilottamisen jälkeen muokattujen alempien päätasojen ja mallin päätason tallennus ”save work part only” -toiminnolla



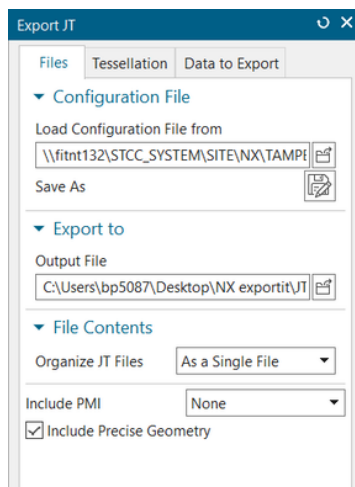
KUVA 14. Suppress ja Hide -komennot.

Vaatimusten mukaisen mallin muokkaamisen jälkeen voitiin suorittaa mallin tallentaminen tarvittavassa tiedostomuodossa. Tässä tapauksessa mallin tallentaminen suoritettiin JT-tiedostomuodossa. Tallennustoiminto löytyy ”File”-välilehden (Kuva 15) alavetovalikosta. ”Export”-kohdasta klikkaamalla avautuu uusi alavetovalikko, josta voitiin valita haluttu tiedoston tallennusmuoto.



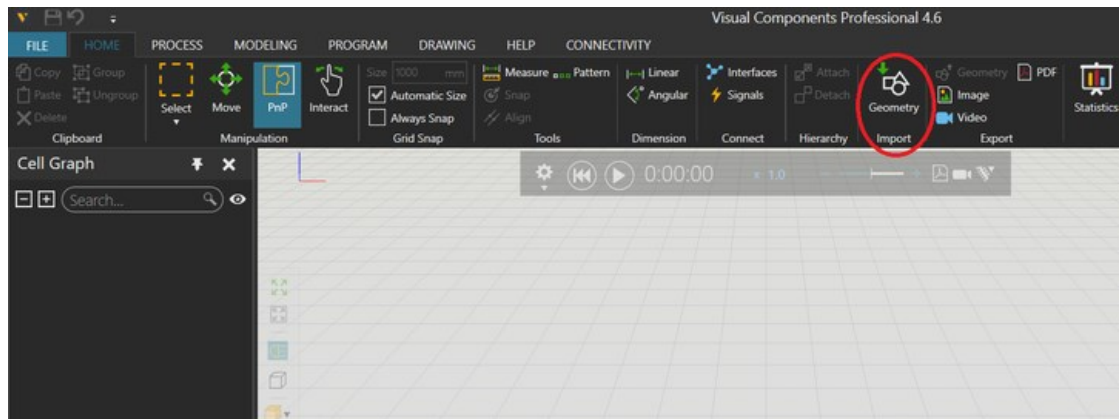
KUVA 15. File-välilehti.

JT-tiedostomuodon valinnan jälkeen avautuu kuvan 16 mukainen ”Export JT” -välilehti. ”Export JT” -välilehdeltä voitiin määrittää esimerkiksi mitä tietoja tallennettavan mallin mukaan halutaan sisällyttää, tallennuspaikka, minkälaisina tiedostoina JT-mallin sisältö haluttiin tallentaa, sekä haluttiinko PMI-tietoja sisällyttää malliin. Opinnäytetyön aikana tallennuksia suoritettiin monilla eri asetuksilla parhaimman lopputuloksen löytämiseksi. Tarkempi ohjeistus valinnoista sisällytetään Sandvikin sisäiseen ohjeeseen.



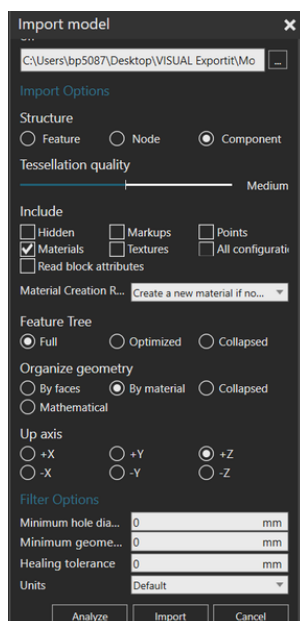
KUVA 16. Export JT -välilehti.

Kevennyksen jälkeen 3D-malli voitiin seuraavaksi tuoda Visual Components -ohjelmistoon "Import"-toiminnolla. "Import"-toiminto löytyy Visual Components -ohjelmiston "HOME"-välilehdeltä (Kuva 17).



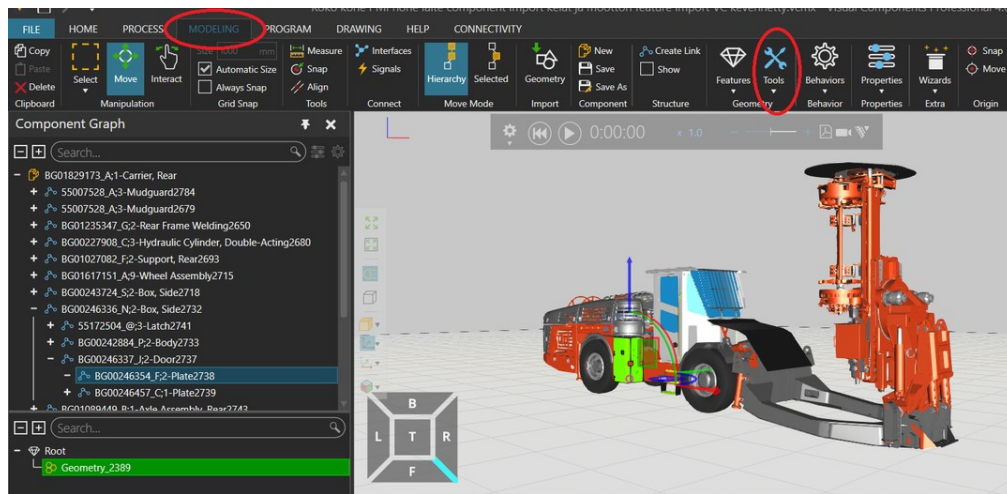
KUVA 17. Import-toiminto.

Kun haluttu ohjelmistoon tuotava 3D-malli oli valittu, avautui kuvan 18 mukainen välilehti. Välilehdeltä voitiin määrittää missä muodossa 3D-malli tuodaan, mitä tietoja mallin halutaan sisältävän ja mitä tietoja siitä halutaan jo tässä vaiheessa suodattaa pois. Käytännössä mallin tuontivaiheessa voitiin vieläkin keventää 3D-mallia jättämällä pois mallin sisältämiä yksityiskohtia, kuten merkintöjä. 3D-mallin tuontia Visual Components -ohjelmistoon suoritettiin myös monilla eri asetuksilla parhaimman lopputuloksen löytämiseksi.



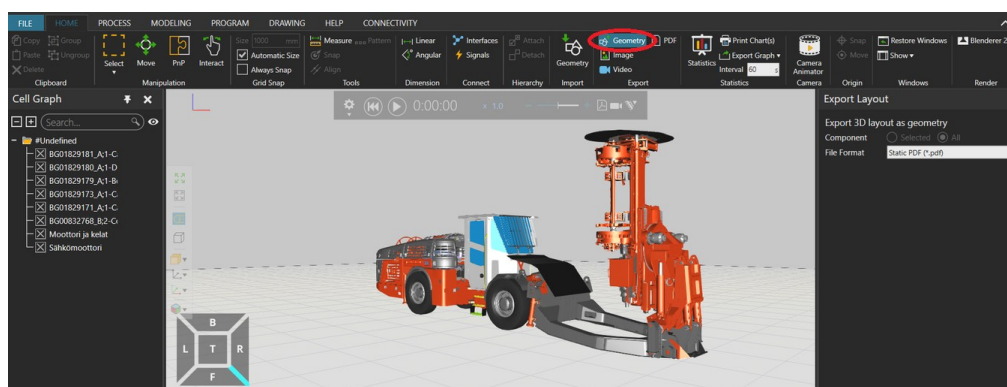
KUVA 18. Import-asetukset.

Visual Components -ohjelmistossa 3D-mallin muokkaus tapahtui ”MODELING”-välilehdeltä (Kuva 19). Visual Components -ohjelmistossa 3D-malli ei enää ole yhteydessä tiedostonhallintajärjestelmä Teamcenteriin, joten halutessa mallin kevennystä voitiin tehdä poistamalla komponentteja. Jos NX-mallinnusohjelmistosta tallentaessa mallista oli jäänyt tarvittavia nimikkeitä/komponentteja puuttumaan, onnistui niiden lisäys jälkikäteen Visual Components -ohjelmistossa. ”MODELING”-välilehdeltä ”Tools”-kohdasta löytyy geometrian muokkaukseen tarvittavia työkaluja. Työkalujen avulla voitiin 3D-mallille tehdä visuaalisia ulkonäköä parantavia muokkauksia, kuten reikien poistoa ja kappaleiden geometrian yksinkertaistamista.



KUVA 19. 3D-mallin muokkaus Visual Components -ohjelmistossa.

3D-mallin muokkaustoimenpiteiden jälkeen voitiin suorittaa muokatun 3D-mallin tallennus vaatimuksen mukaisessa tiedostomuodossa. Tallennustoiminto löytyy ”HOME”-välilehdeltä kuvan 20 mukaisesti. ”File Format” -kohdasta voitiin valita vaatimuksen mukainen tallennuksen tiedostomuoto.



KUVA 20. 3D-mallin tallennus.

Yksinkertaistettuna ohjelmistosimulaattoriin tulevan 3D-mallin muokkaus suoritettiin edellä mainittujen vaiheiden mukaisesti. Kun 3D-malli oli tallennettu Visual Components -ohjelmistosta, tarkasteltiin mallia vielä JT2Go-ohjelmistossa siltä varalta, että siinä ei ole virheitä ja se täyttää toimijan vaatimukset. Tarkastuksien jälkeen 3D-malli voitiin toimittaa toimijan käyttöön.

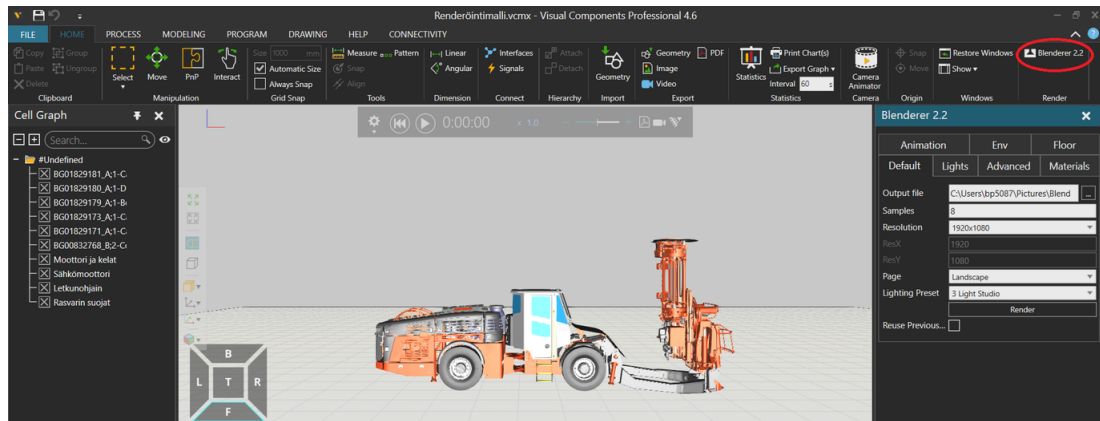
4.4 Ohjeistus visualisointien ja animointien tekemiseen

Visualisoitujen 3D-mallien tarve oli lähinnä tuotelinjalla, sekä alihankkijalla. Opinnäytetyön aikana kuitenkin selvisi, että myös koulutussimulointiosastolla on tarvetta visualisoiduille 3D-mallien kuville. Opinnäytetyön aikana millään osastolla ei ollut tarvetta varsinaisille visualisoinneille, joten visualisoinnin ohjeistuksiin esimerkeiksi on valittu sattumanvaraisia 3D-malleja, joiden avulla visualisointiprosessia on helpompi kuvata.

4.4.1 Visualisoitujen kuvien tekeminen

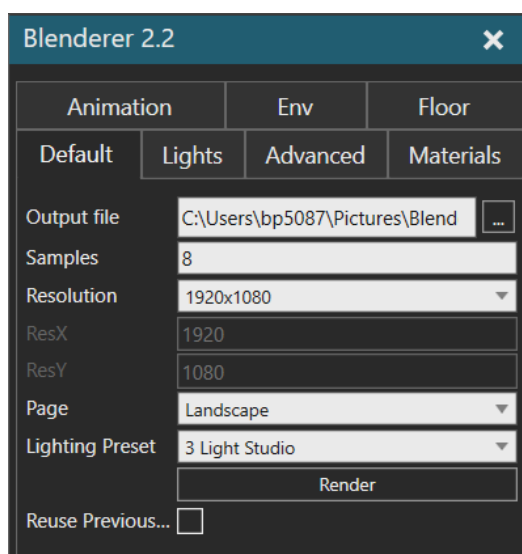
Opinnäytetyössä 3D-malleista tehtävien kuvien visualisointi suoritettiin Visual Components -ohjelmistossa. Visual Components -ohjelmistoon oli mahdollista ladata ilmainen Blender-lisäosa. Blender-lisäosa tarjosi visualisointiin valmiita työkaluja, kuten valmiiksi luotuja valaistuksia, erilaisia pintojen materiaalivaihtoehtoja, sekä edistyksellisiä työkaluja esimerkiksi valotusajan muokkaamiseen.

Visualisointi aloitettiin tuomalla 3D-malli Visual Components -ohjelmistoon, jolle visualisointia haluttiin suorittaa. Ohjeistus 3D-mallin tuontiin Visual Components -ohjelmistoon on käsitelty kohdassa 4.3. 3D-mallin tuonnin jälkeen voitiin aloittaa mallin visualisointi. Visual Components -ohjelmistosta visualisointityökalu löytyy ”HOME”-välilehdeltä (Kuva 21).



KUVA 21. Visualisointityökalun sijainti.

Kuvassa 22 on esitetty tarkemmin mitä ominaisuuksia visualisointityökalu sisältää. "Lights"-välilehdeltä voidaan muokata valaistusta, kuten lisätä auringonvaloa tai spottivaloja. "Advanced"-ominaisuuksilla voidaan muokata kameran näkökenttää, kameran valotusaikaa, kulmien visualisointia ja epäsuoraa valoa yms. "Materials"-välilehdeltä voidaan muun muassa määrittää mistä materiaalitieto visualisoitavaan malliin saadaan. "Floor"-välilehdeltä voidaan määrittää esimerkiksi asfalttipinta visualisoitavan mallin alle "lattiaksi". "Env"-välilehdeltä voidaan lisätä visualisoidulle kuvalle tausta. Taustaksi voidaan määrittää itse haluama taustakuva, kuten esimerkiksi tunnelin seinää kuvastava rakenne. "Animation"-välilehdeltä voidaan muokata animointiin liittyviä asetuksia, kuten tallennusmuoto, aloitus- ja lopetusaika.



KUVA 22. Visualisointityökalut.

Visualisointi voidaan suorittaa ennalta esitettyjen vaatimusten mukaisesti. Laitte voidaan visualisoida esimerkiksi erilaisissa ympäristöissä ja valaistuksissa. Kuvassa 23 on esitetty laitteen 3D-malli ennen visualisointia.



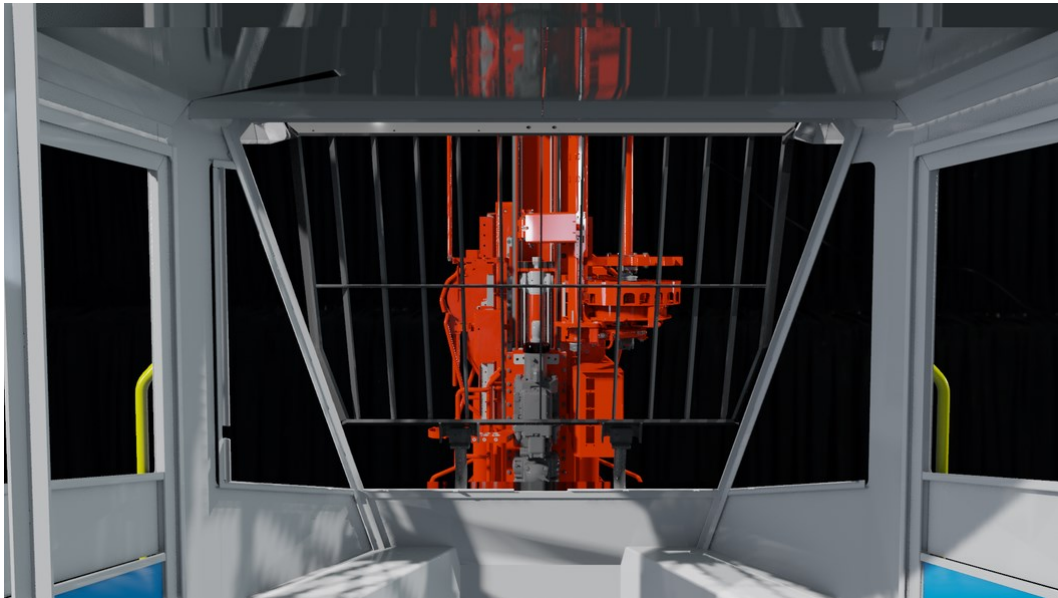
KUVA 23. Laitteen 3D-malli ennen visualisointia.

Kuvassa 24 on esitetty laitteen 3D-malli visualisoinnin jälkeen. Kuvaan on lisätty varjostuksia, sekä taustaa on muutettu. Myös laitteen pinnoille on ilmestynyt heijastuksia.



KUVA 24. Laitteen 3D-malli visualisoinnin jälkeen.

Kuvassa 25 on esitetty visualisoitu näkymä laitteen hytistä katsottuna. Näin kuvakulman avulla saadaan luotua tilanne, jossa katsoja olisi tarkastelemassa näkymää hytin sisältä.



KUVA 25. Visualisoitu näkymä hytistä.

4.4.2 3D-mallin visuaalinen manipulointi

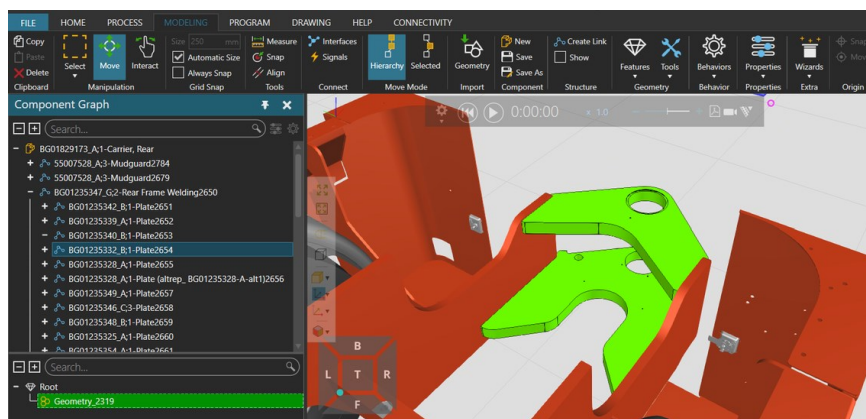
Visual Components -ohjelmistolla pystyttiin tekemään asiakkaille toimitettaviin malleihin geometrian visuaalista yksinkertaistamista tuotevakoilun estämiseksi. 3D-mallin geometrian manipulointiin työkalut löytyvät Visual Components -ohjelmistosta "MODELING"-välilehdeltä, kohdasta "Tools" kuvan 19 mukaisesti. "Tools"-kohdasta "Simplify"-riviltä löytyvien "Decimate", "Cylindrify", "Blockify", "Convex Hull" ja "Count Triangles" -toimintojen avulla voidaan suorittaa geometrian yksinkertaistamista, jotka vaikuttavat 3D-mallin visuaalisuuteen.

"Convex Hull" -toiminnolla onnistuvat parhaiten esimerkiksi palkkimaisten profiilien muokkaus. Toiminnon kanssa pitää kuitenkin olla tarkkana, sillä se helposti muuttaa geometriaa jo liikaa ja liian yksinkertaiseksi, eikä malli kelpaa enää visuaalisuuden puolesta käytettäväksi.

”Cylindrify” ja ”Blockify” -toiminnot yksinkertaistavat geometriaa myös huomattavan paljon tekemällä geometriasta sylinterin tai neliön muotoisia. Myös näitä komentoja käytettäessä pitää olla tarkkana, ettei mallin visuaalisuus kärsi liikaa.

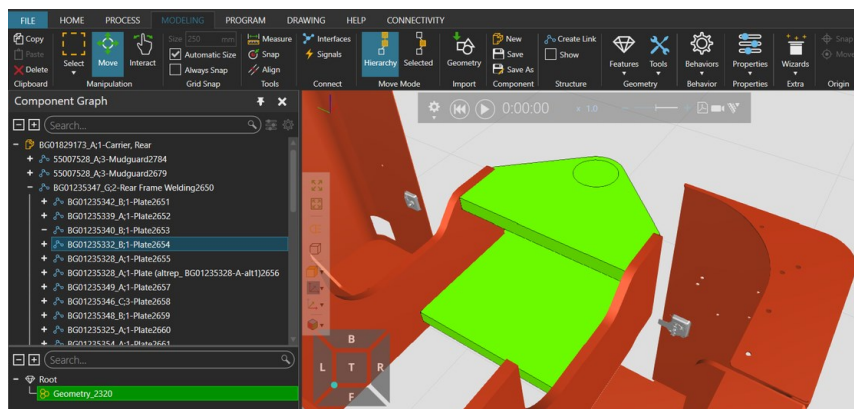
Geometriaa yksinkertaistavia työkaluja on hyvä käyttää esimerkiksi rungon ja puomiston eri komponentteihin. Rungon ja puomiston eri komponentit sisältävät paljon arkaa tuotetietoa, kuten mittoja, joita ei haluta antaa ulkopuolisten tietoon.

Geometrian yksinkertaistaminen tapahtui valitsemalla haluttu muokattava geometria ja käyttämällä haluttua työkalua. Kuvassa 26 on esitetty geometria ennen yksinkertaistamista.



KUVA 26. Geometria ennen yksinkertaistamista.

Kuvassa 27 on kuvattu yksinkertaistettua geometriaa. Geometrian yksinkertaistamiseen käytettiin ”Convex Hull” -toimintoa. Kuten kuvasta 27 huomataan ”Convex Hull” -toiminto yksinkertaistaa geometriaa huomattavan paljon. Geometriasta on vielä saatavilla paksuustieto.

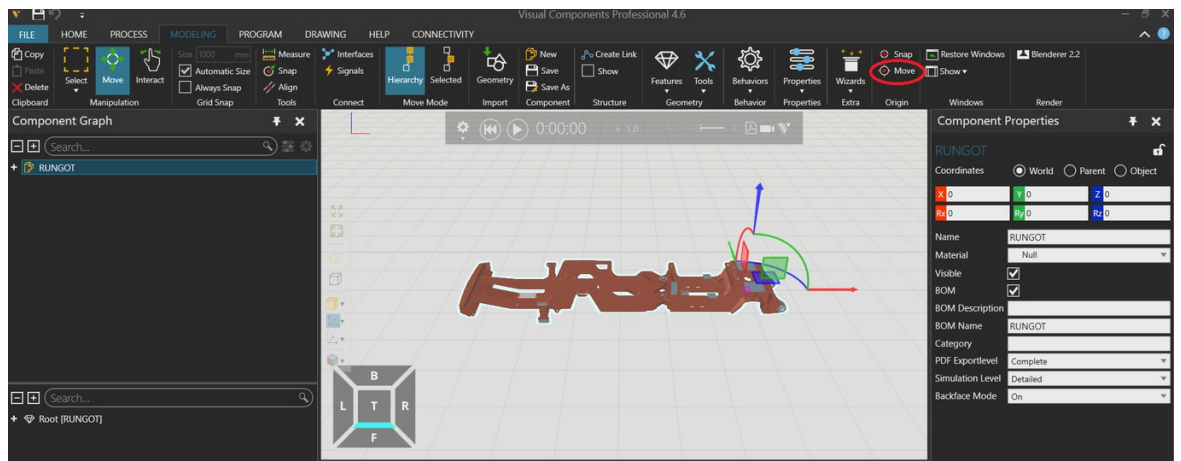


KUVA 27. Geometria yksinkertaistamisen jälkeen.

4.4.3 3D-mallin animointi

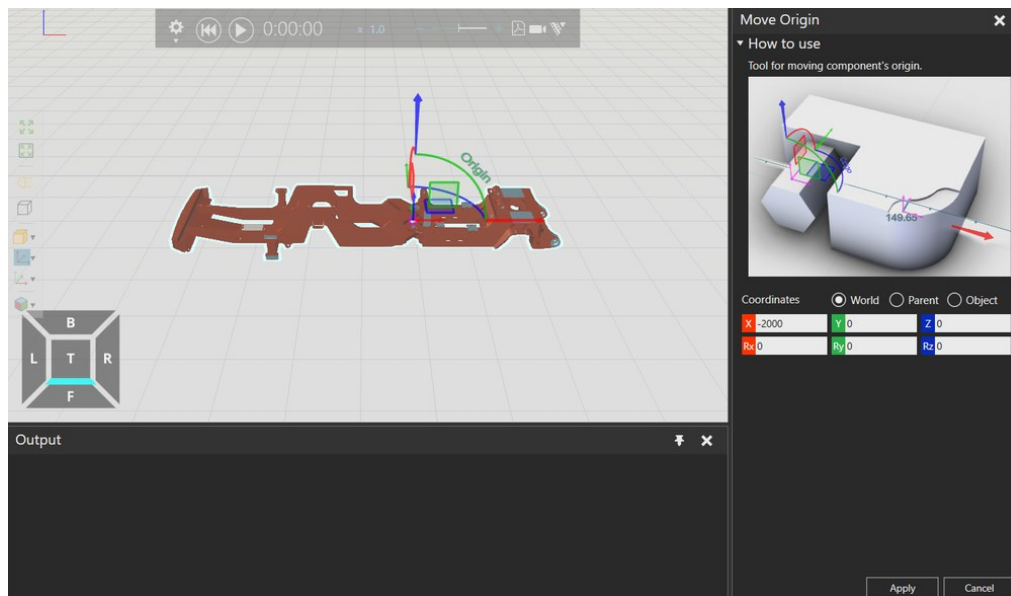
Visual Components -ohjelmistolla on mahdollista tehdä 3D-mallille animointia. Animointi on hyvä apuväline laitteen toimintojen esittämiseen. Animoinnin tekeminen Visual Components -ohjelmistolla on kuitenkin aikaa vievää työtä. Esimerkkinä animointiin käytettiin yksinkertaista niveltä, mutta samoja toimintatapoja noudattaen voidaan tehdä liikeradat myös muille nivelille.

Animointiin käytettiin JT-tiedostomuodossa tallennettua 3D-mallia. Animointiprosessi aloitettiin tuomalla 3D-malli ”Feature”-toiminnolla Visual Components -ohjelmistoon. 3D-mallin ”tuonti”-vaiheesta tarkempi ohjeistus löytyy luvun 4 kohdasta 4.3. Kuvassa 28 on esitetty 3D-malli ”tuonti”-vaiheen jälkeen. Nivelpiste, johon animaatiossa liike halutaan tehdä, on runkojen keskellä. Kuten kuvasta 28 huomataan, sijaitsee origo tällä hetkellä eturungossa laitteeseen NX-mallinnus-ohjelmistossa määritetyssä origossa. Origo siirrettiin ”Move”-työkalua käyttäen sille akselille, johon liike haluttiin tehdä.



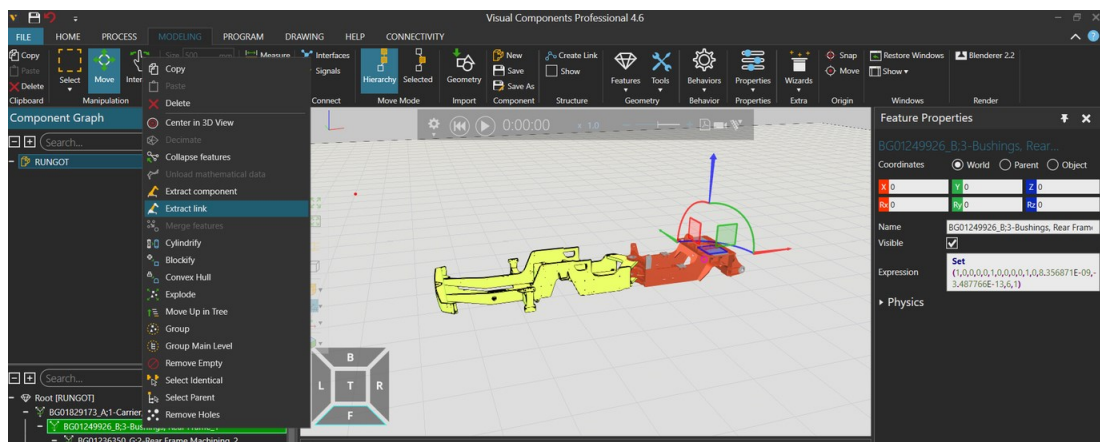
KUVA 28. Origin sijainti tuodussa mallissa.

”Move”-työkalua käyttäen origo siirrettiin runkojen kiinnityskohdan akselille (Kuva 29). Kun origo oli siirretty haluttuun kohtaan, voitiin siirto hyväksyä ”apply”-kohdasta.



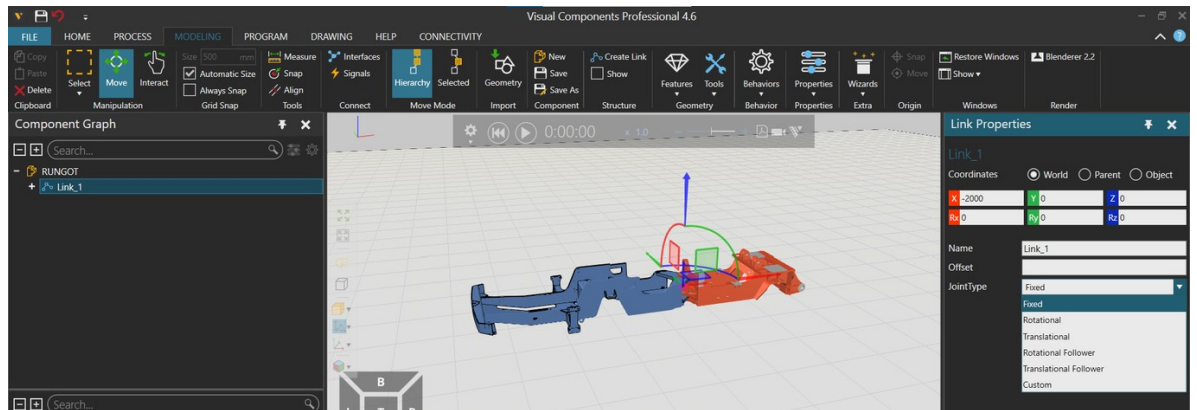
KUVA 29. Origin siirto.

Tässä vaiheessa rungot olivat vielä yhtenäisenä kokonaisuutena, eikä niiden liikkuttaminen animointia varten onnistu. Tätä varten etu- ja takarunko on jaettava omiin kokonaisuuksiin, joille pystytään luomaan omat liikeradat. Etu- ja takarungon erottaminen suoritettiin ”Extract Link” -toiminnolla (Kuva 30). Laitteen rakenteelta valittiin koko takarungon geometria. Hiiren oikeaa näppäintä takarungon geometrian päällä painaessa avautui välilehti, josta ”Extract Link” -toiminto löytyi.



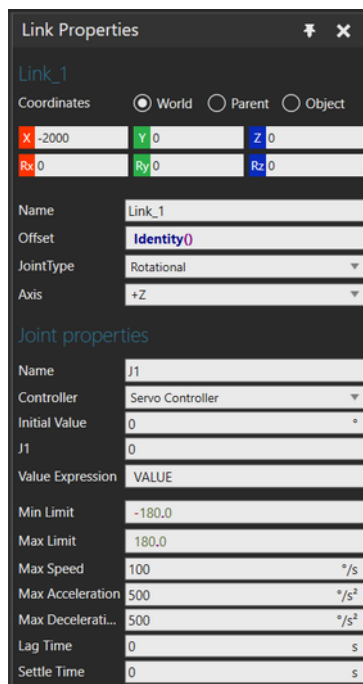
KUVA 30. Extract link -toiminto.

”Extract link” -toiminto luo erillisen ”Link_1”-komponentin runkojen geometrian alle (Kuva 31). Valitsemalla ”Link_1”-kohta, maalautuu mallista siniseksi se geometria, josta ”link”-komponentti on luotu. ”Joint type” -kohdasta voitiin määrittää niveltyyppi. Niveltyyppi määrittää nivelen sallitut liikesuunnat. Rungon niveltymiseksi valittiin ”Rotational”-niveltyyppi, sillä sen toimintaperiaate on sama, kuin oikeassa laitteessa.



KUVA 31. Niveltyyppin valinta.

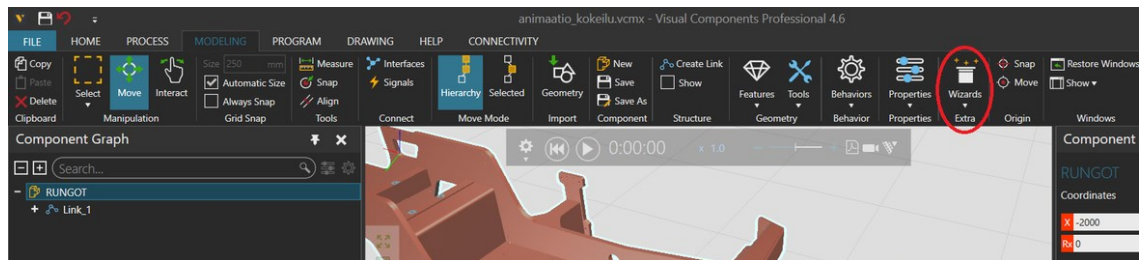
Niveltyyppin valinnan jälkeen ”Link Properties” -välilehdeltä (Kuva 32) voitiin muokata nivelen toimintaa. ”Controller”-kohdasta valittiin ”New servo controller”, jolloin nivellelle voitiin määrittää liikeradat, sekä kuinka nopeasti nivelen liike tapahtuu animoinnissa.



KUVA 32. Nivelen asetusten määrittäminen.

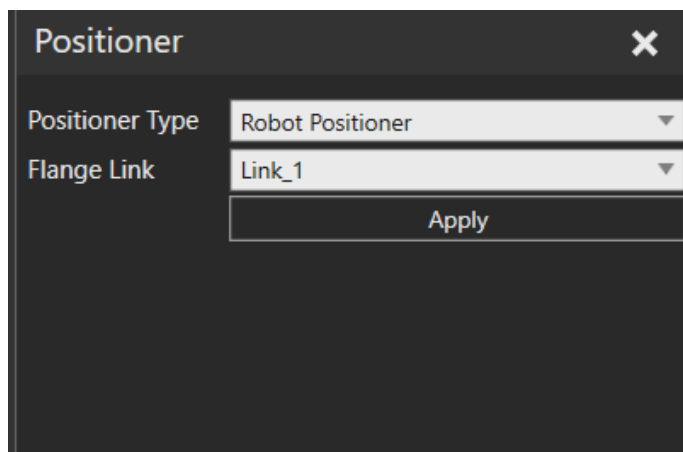
Visual Components -ohjelmisto on suunniteltu tuotantoprosessin simulointiin. Tämän takia animointia varten ohjelmisto vaatii animoitavaan malliin liitettäväksi robotin. Ilman robotin lisäämistä animoinnissa vaadittuja liikeratoja ei voitu luoda.

Robotin liittäminen malliin aloitettiin lisäämällä origo, johon robotti voidaan liittää. Origo saatiin lisättyä valmiiksi luodulla ”Wizard”-työkalulla, joka sijaitsee ”MODELING”-välilehdellä (Kuva 33).



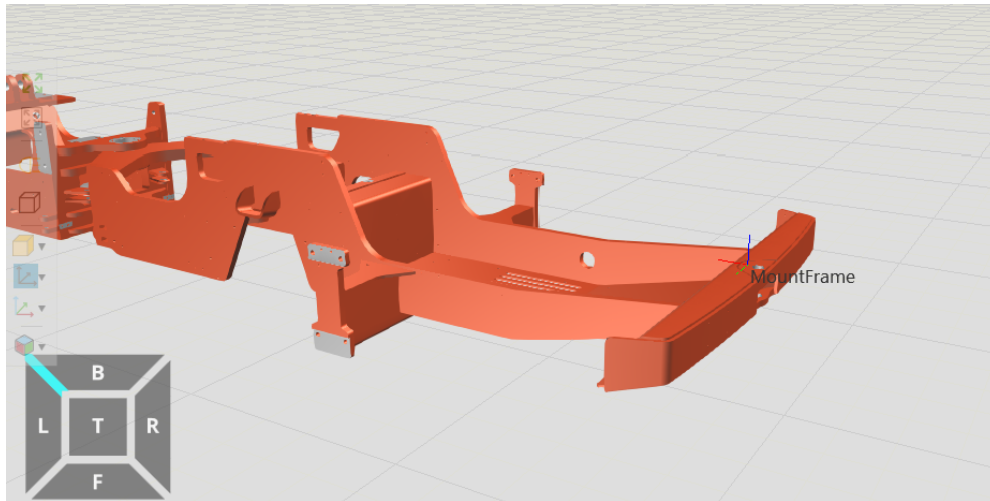
KUVA 33. Robotin origon lisääminen.

Origon lisääminen tehtiin ”Positioner”-työkalulla. ”Positioner”-työkalun valitsemisen jälkeen avautui kuvan 34 mukainen välilehti. Välilehdeltä määritettiin ”positionerin” tyyppi ja mihin geometriaan ”Positioner”-origo haluttiin liittää. Työkalu loi automaattisesti origon valittuun geometriaan, johon robotti voidaan asettaa.



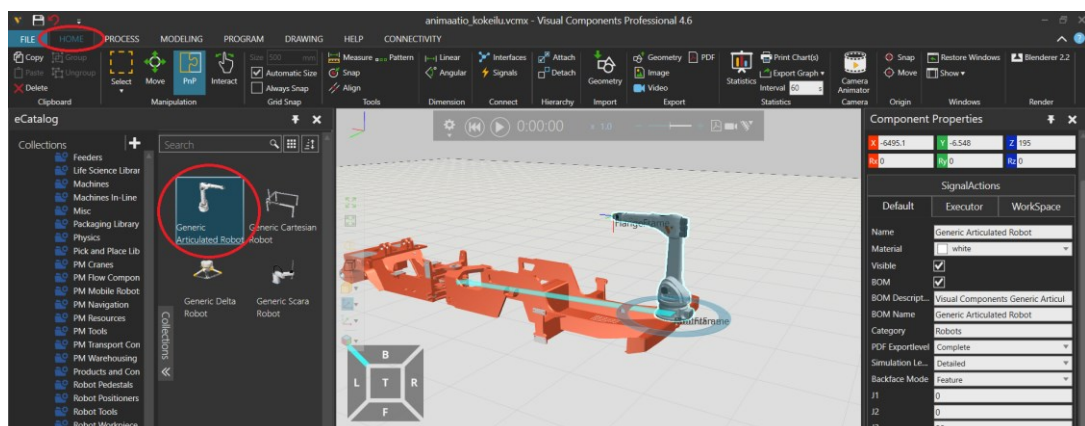
KUVA 34. Positioner-työkalun asetukset.

Kuvassa 35 on esitetty robottia varten luotu origo ”MountFrame”. Jos origon paikka ei ole mieluinen, origoa voidaan siirtää ”Move”-työkalun avulla haluttuun paikkaan. Origo pitää kuitenkin sijaita geometrian pinnassa animoinnin onnistumisen kannalta, eikä sitä voi asettaa esimerkiksi avaruuteen.



KUVA 35. Lisätty robotin origo.

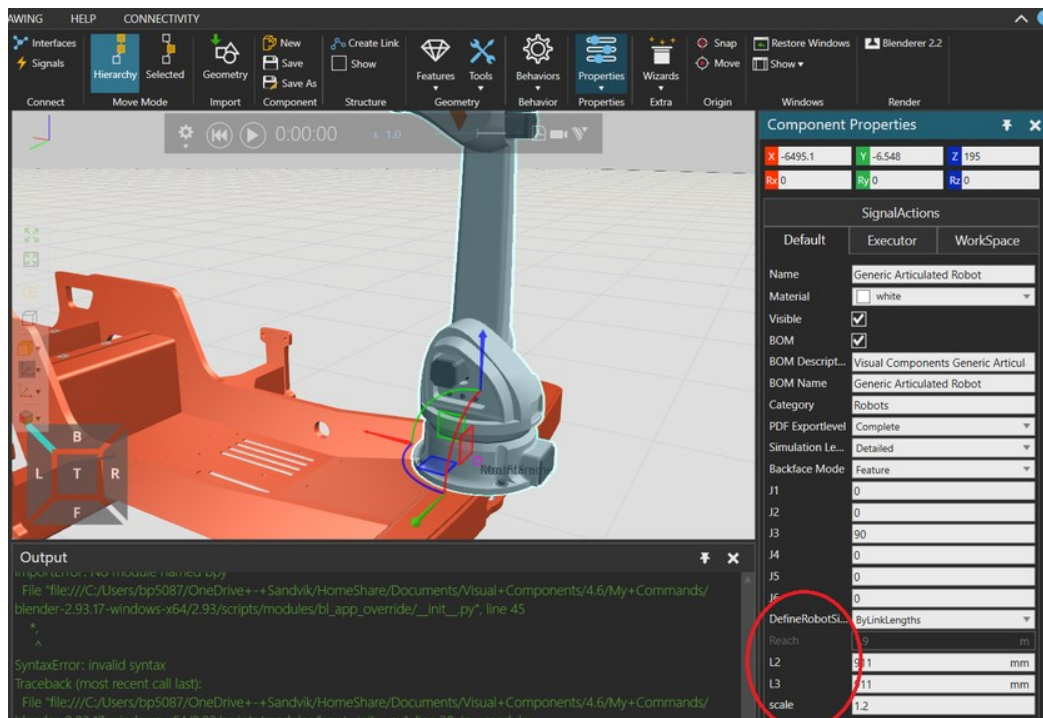
Origon luomisen jälkeen voitiin lisätä malliin robotti. Robotit löytyvät ”HOME”-välilehdeltä valmiista kirjastosta (Kuva 36). Robotiksi työssä valittiin Visual Components -ohjelmiston oma geneerinen robotti siitä syystä, että sen kokoa oli mahdollista muokata. Robotin koon muokkaamisen ansiosta robotista saadaan niin pieni, että sitä ei erota mallista.



KUVA 36. Robotin lisääminen.

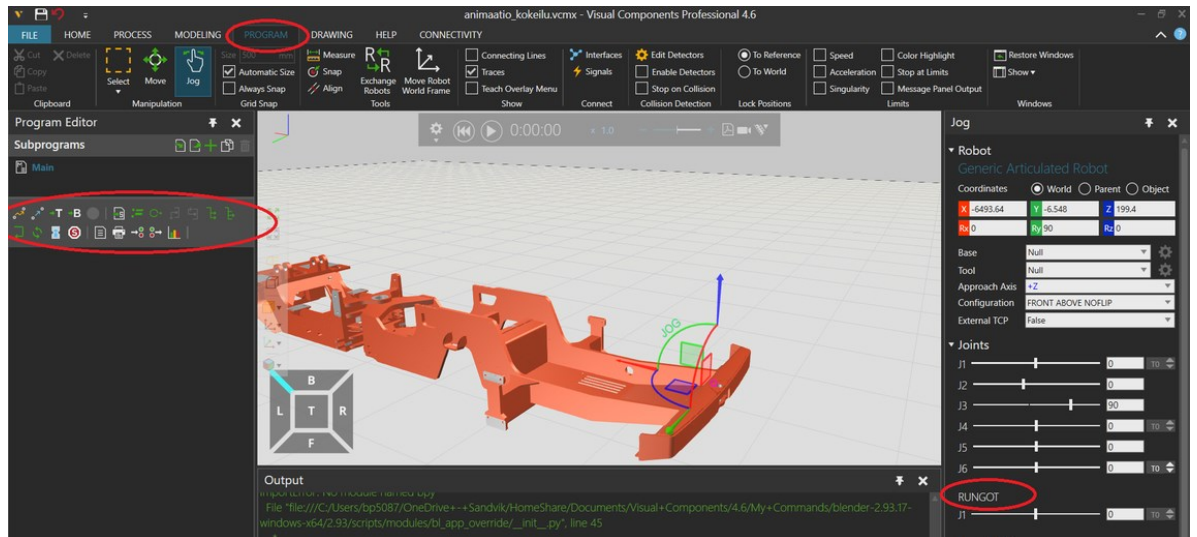
Robotti lisättiin malliin raahaamalla se lähelle luotua origoa. Robotti kiinnittyy origoon automaattisesti. Robotin lisäämisen jälkeen avautui ”Component Properties” -välilehti (Kuva 37). Välilehdeltä voidaan määrittää erilaisia robotin asetuksia, kuten nivelien asennot, kuinka pitkälle robotti yltää ja robotin koon skaala.

Animoitavaan malliin robottia ei haluta näkyväksi, sillä se ei liity todellisen kallioporauslaitteen toimintaan mitenkään. Tästä syystä ”Define Robot Size” -kohdan (Kuva 37) alapuolelta robotin koko voitiin asettaa niin pieneksi, että sitä on hankala havaita animoitavasta geometriasta.



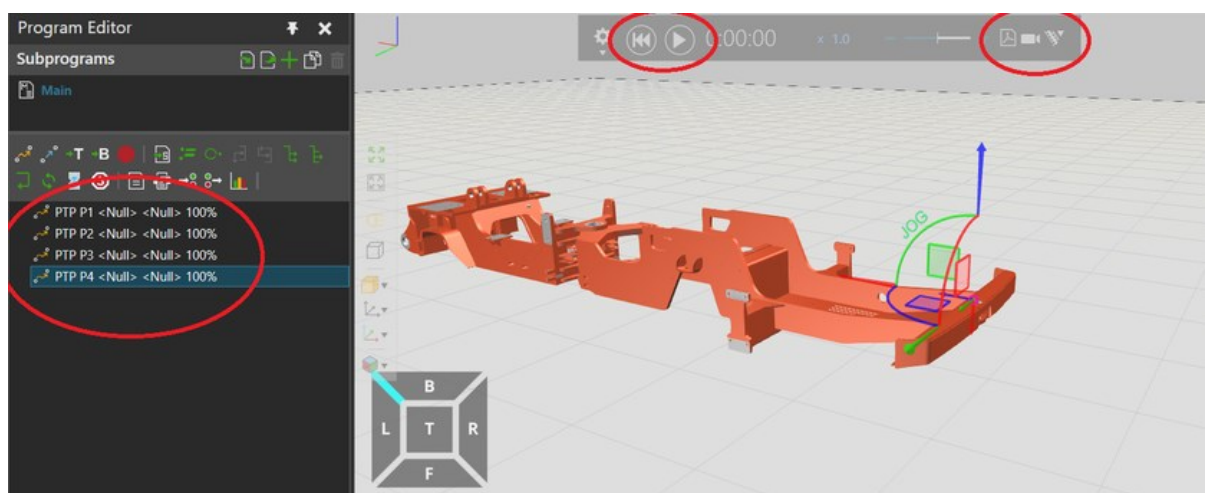
KUVA 37. Robotin koon muuttaminen.

Robotin lisäämisen jälkeen voitiin siirtyä animaation tekemiseen. Animointi tehdään ”PROGRAM”-välilehdellä (Kuva 38). Animointi luodaan liikuttamalla haluttua niveltä ”Jog”-välilehdeltä ja tallentamalla haluttu nivelen asento ”Program Editor” -välilehdellä olevilla työkaluilla. Työkalujen avulla voidaan määrittää nivelen liikkeen tasaisuus, luoda liikkeille viiveitä, sekä koodata itse liikkeiden toimintaa.



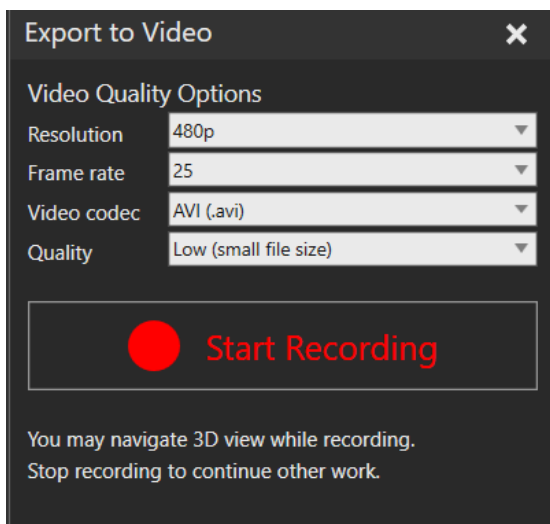
KUVA 38. Animoinnin liikeratojen luonti.

Animointia varten luodut liikeradan pisteet näkyvät ”Program Editor” -välilehdellä (Kuva 39). Liikeradan pisteitä voi vielä myöhemmin lisätä ja poistaa tarvittaessa. Kun haluttu liikerata on luotu, voidaan animaatio katsoa painamalla ruudun keskellä ylä laidassa olevaa ”play”-nappia. Jos animaatio ei vielä ole vaaditunlainen, sitä voidaan vielä muokata. Animaation ollessa valmis, voitiin se tallentaa erilliseksi videotiedostoksi. Videon tallennuspainikkeen löytyvät kuvan 39 oikeasta ylä laidasta.



KUVA 39. Animoinnin tarkastelu ja tallentaminen.

Videon/animaation tallennus tapahtuu painamalla ”Start Recording” -painikkeesta (Kuva 40). Ennen tallennusta voidaan määrittää videon resoluutio, ruudunpäivitysnopeus, videotiedoston muoto ja videon laatu. Kuvakulmaa voidaan myös vaihtaa animaation aikana, jotta toimintaa voidaan tarkastella eri kuvakulmista. Kuvakulman muutos tehdään hiiren avulla 3D-näkymässä navigoiden.



KUVA 40. Videon asetusten määrittäminen.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn lopputulosta voidaan pitää onnistuneena. Työssä tarkoituksena oli tehdä Sandvikille selvitystyö sen osastojen ja toimijoiden vaatimuksista 3D-mallien suhteen. Selvitystyön lisäksi piti laatia vaatimuksien pohjalta ohjeistus 3D-mallien muokausprosessista osastokohtaisesti, jossa on kuvattuna käytetyt ohjelmistot ja muokkaustyön vaiheet. Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin selville eri osastojen vaatimukset 3D-mallien suhteen, sekä laadittua ohjeistus 3D-mallien muokausprosessista kahden toimijan vaatimuksien mukaisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä jokaisen osaston ja toimijan vaatimuksien mukainen ohjeistus 3D-mallin muokkaamiseen. Opinnäytetyön edetessä huomattiin, että työstä tulee liian laaja, jos kaikki vaatimukset otetaan huomioon, eikä aika riitä käymään kaikkia vaatimuksia läpi. Tämän vuoksi opinnäytetyön rajausta muutettiin suppeammaksi työn aikana. Näiltä osin ei alkuperäistä tavoitetta saavutettu. Uusi laajuuden rajaus suoritettiin toimeksiantajan kanssa hyvässä yhteisymmärryksessä. Työn sujuvuuden kannalta alussa työn laajuus olisi pitänyt rajata tarkemmin, sekä käsitellä yksityiskohtaisemmin mitä tuloksia työstä halutaan.

Opinnäytetyön aiheen ominaislaatuisuuden vuoksi ei juurikaan ennakkotapauksia työn aiheesta löytynyt. Lähdetietoja kuitenkin oli hyvin saatavilla liittyen työn teoreettiseen osuuteen. Lähteinä käytettiin pääsääntöisesti painettuja ja sähköisiä kansainvälisiä teoksia. Vaikka Tampereen ammattikorkeakoulun kirjastosta lainatut painetut teokset olivat julkaistu 2000-luvun alkupuolella, vastasi niissä oleva tieto silti suurelta osin nykypäivän tietoja.

Opinnäytetyön aihe oli vaativa. Uusien toimintatapojen kehittäminen yritykseen, jossa on jo vuosien ajan työskennelty samoja tapoja noudattaen ei ole helppoa. Opinnäytetyössä pystyttiin kuitenkin luomaan uudet toimivat 3D-mallien muokaus- ja visualisointiprosessit, jotka voidaan ottaa käyttöön yrityksessä sellaisenaan tai soveltaen vanhojen työskentelytapojen kanssa.

Oma työskentely opinnäytetyön aikana sujui pääsääntöisesti hyvin. Opinnäytetyön aihe oli melko laaja ja työn aikana piti hallita montaa eri asiaa samaan aikaan. Kokonaisuuden hallinta oli haastavin osuus työssä. Omasta mielestäni selvisin siitä kohtalaisen hyvin, mutta siihen jäi varmasti vielä parannettavaa. Työ vaati paljon oma-aloitteisuutta, kuten erilaisten palaverien järjestämistä. Palaveria piti järjestää Sandvikin sisäisten osastojen kanssa, sekä alihankkijoiden kanssa.

Opinnäytetyö opetti myös, millaista on työskennellä isossa yrityksessä erilaisten ihmisten kanssa ja mitä kaikkea pitää ottaa huomioon. Esimerkiksi aikatauluja laatiessa huomioon on otettava, että isossa yrityksessä kaikki ei tapahdu hetkessä. Alussa opinnäytetyön aikataulu laadittiin liian optimaaliseksi, mistä johtuen aikataulua jouduttiin muuttamaan työn aikana.

5.1 Työmäärän arviointi

3D-mallien muokkaus- ja visualisointiprosessit vaativat paljon manuaalista työskentelyä, vieden paljon työaika. Jo pelkästään yksittäisen laitteen 3D-mallin muokkaamiseen kuluu 1–2 työpäivää riippuen tarvittavan muokkaustyön määrästä. Muokkaustyössä 3D-mallien tallennus on aikaa vievää, johtuen tiedostojen suurista koosta. 3D-mallien mukana toimitettavien dokumenttien, kuten sylintereiden liikeratojen selvitys lisää työmäärää entisestään. Lisäksi myös visualisointien ja animaatioiden tekeminen lisää työmäärää. 3D-mallien visualisointi kuviksi nykyisillä työkaluilla on nopeaa, mutta animaatioiden teko on aikaa vievää työtä. Animaatioiden teossa aikaa vievää on liikeratojen luonti nivelille ja esimerkiksi sylintereille. Täydellisen animaatiomallin luonti voi viedä arviolta jopa viikkoja työaika.

Taulukossa 2 on esitetty arvioidusti ajankäyttöä muokkausprosessin eri vaiheisiin. Ajankäytön arviointi perustuu opinnäytetyössä mallin muokkaamisen työvaiheisiin kuluneeseen aikaan (Kuvio 2). Työvaiheeseen arvioidusti kuluva työaika voi työvaiheiden selkiytymisen myötä lyhentyä. Animaation tekemiseen kuluva työaika on mahdotonta arvioida tarkasti, sillä opinnäytetyön aikana animointi tehtiin vain yksinkertaiselle mallille. Nivelien ja sylintereiden liikeratojen teko on

todella aikaa vievää työtä. Tarkassa 3D-mallissa niveliä ja sylintereitä on kymmeniä ja jokaisen liikerata on luotava manuaalisesti yksitellen.

Taulukossa 2 esitetty työvaihe sisältää muokkaus- ja tallennusajan. Työaikaan vaikuttaa myös muokkaustarpeen määrä. Työajassa ei vielä ole huomioitu 3D-mallin mukana toimitettavien dokumenttien tekoa, joten niiden tekeminen vielä nostattaa arvoitua työaika.

TAULUKKO 2. Ajankäytön arviointi työvaiheittain.

Työvaihe	Arvoitu työaika
Muokkaus (NX)	5–8 h
Muokkaus (Visual Components)	5–8 h
Geometrian yksinkertaistaminen (Visual Components)	5 h
Visualisoitujen kuvien tekeminen (Visual Components)	1–5 h
Animaation tekeminen (Visual Components)	40–120 h
Yhteensä	n.60–150 h

5.2 Jatkoehdotukset ja suositukset

Jatkotoimenpiteenä käsittelemättä jääneet vaatimukset on käytävä läpi Sandvikin sisäisesti, jotta työn tulokset eivät jää hyödyntämättä. Jatkokäsittelyssä on myös käytävä keskustelua, ovatko opinnäytetyössä käytetyt muokkausprosessit toteuttamiskelpoisia ja käytetyt ohjelmistot sopivia työn toteuttamisen kannalta. Esimerkiksi Visual Components -ohjelmisto ei suoranaisesti sovellu kallionporauslaitteiden animointien tekoon ja animoinnit joudutaan tekemään soveltaen. Vaatimuksien läpikäyntiin on hyvä koota 3–5 henkilön tiimi käsittelemään asioita. Näin ollen saadaan parempi ja kokonaisvaltaisempi näkemys ovatko osastojen esittämät vaatimukset edes toteuttamiskelpoisia, ja mikä on järkevä tapa lähteä niitä toteuttamaan. Yksittäisen henkilön on hankala lähteä ajamaan toimintatapojen muutosta eteenpäin isossa yrityksessä.

Osastokohtaisia vaatimuksia ja parannusehdotuksia tuli paljon. Kuten edellä mainittiin kaikkia vaatimuksia ei vielä opinnäytetyön aikana ehditty käsittelemään. Opinnäytetyössä käsiteltiin tuotelinjan, ohjelmistotestauksen ja alihankkijan vaatimukset. Kuitenkin yksi, melkein kaikkia osastoja yhdistävä asia nousi esille haastatteluiden aikana. Moni haastateltava koki kommunikaation olevan heikkoa osastojen välillä, mikä on aiheuttanut epäselviä tilanteita 3D-mallien suhteen.

Ehdotuksena on, että mekaniikkasuunnittelun ja muiden 3D-malleja käyttävien osastojen välille nimettäisiin yhteyshenkilö. Yhteyshenkilö hoitaisi kommunikointia eri osastojen välillä, sekä toimisi 3D-mallien toimittajana. Sandvikilla kommunikointiin on käytössä Teams-sovellus. Uuden Teams-kanavan luonti, jossa eri osastot voivat kysyä tietoja 3D-malleista, sekä pyytää muokattuja 3D-malleja on yksi ratkaisuvaihtoehto kommunikaatio-ongelmiin. Toinen vaihtoehto on Excel-tyyppinen taulukko, johon eri osastot voivat käydä lisäämässä 3D-malleihin liittyviä pyyntöjä. Excel-taulukko toimisi samalla myös eräänlaisena työlistana.

3D-mallien muokkauksien ja visualisointien teossa voisi olla mahdollisesti tarvetta erilliselle työntekijälle. Työntekijä voisi tällöin keskittyä eri toimijoille toimitettavien 3D-mallien muokkaamiseen ja visualisointiin, toimia yhteyshenkilönä mekaniikkasuunnittelun ja muiden osastojen/toimijoiden välillä, sekä ylläpitää ja luoda 3D-mallien mukana toimitettavia teknisiä dokumentteja. Kyseinen henkilö pystyisi esimerkiksi hoitamaan myös akuutit 3D-mallien visualisoinnit ilman, että ne häiritsevät varsinaisten mekaniikkasuunnittelijoiden töitä.

Opinnäytetyössä saatujen tuloksien avulla ja niitä edelleen kehittämällä Sandvik Mining and Construction Oy:n on mahdollista nopeuttaa tuotekehityksen läpimenoaikaa. Lyhyemmällä tuotekehityksen läpimenoajalla on myös pienentävä vaikutus tuotteiden elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin.

LÄHTEET

Amirouche, F. 2004. Principles of computer-aided design and manufacturing. 2. painos. Lontoo: Pearson Education Ltd.

Chung, C. A. 2004. Simulation modeling handbook. A practical approach. 1. painos. Florida: CRC Press LLC.

Creanex. n.d.a. Sandvik koulutussimulaattori Toro™ kaivoslastarille. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://creanex.fi/sandvik-koulutussimulaattori-toro-kaivoslastarille/>

Creanex. n.d.b. Tuotteet ja palvelut. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://creanex.fi/>

3D-ace. 2022. The full picture of 3d model rendering. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2023. <https://3d-ace.com/blog/3d-model-rendering/>

Enlyft. n.d. Companies using Dassault SolidWorks. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2023. <https://enlyft.com/tech/products/dassault-solidworks>

Intel. n.d. A Primer: Graphics, Rendering, and Visualization. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2023. <https://www.intel.com/content/dam/develop/public/us/en/documents/rendering-101-a-primer.pdf>

ISO.org. 2023. ISO 14306:2017. Industrial automation systems and integration. JT file format specification for 3D visualization. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. <https://www.iso.org/standard/62770.html>

Krebs, J. 2007. Basics CAD. E-kirja. Switzerland: Birkhäuser. 1 painos. Viitattu 23.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden <https://web-s-ebsohost.com.libproxy.tuni.fi/ehost/detail/detail?vid=0&sid=292790b1-39a6-4087-acdd-b085739c8b3d%40redis&bdata=JkF1dGhUeX-BIPWNvb2tpZSxpcCx1aWQmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=1523718&db=e000xww>

Moretti, R. 2015. An Introduction On The Use Of Pre-Visualization In Marketing And How It Can Benefit Firms. Korean open access journal. Verkkootikkeli. Viitattu 27.3.2023. https://www.kci.go.kr/kciportal/landing/article.kci?arti_id=ART002026520

Oamk. n.d. Simulaatio. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2023 <http://www.oamk.fi/amok/oppimat/LO/Opetusmenetelmat06a/html/simulatio.html>

Sandvik. n.d.a. Liiketoiminta-alueet. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://www.home.sandvik.fi/tietoja-meist%C3%A4/liiketoiminta-alueet/>

Sandvik. n.d.b. Suomi. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://www.rocktechnology.sandvik.fi/old-ota-yhteytt%C3%A4/koko-maailma/eurooppa/suomi/>

Sandvik. n.d.c. The founder of Sandvik. A man with social responsibility. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/history/the-founder/>

Sandvik. n.d.d. Tietoja meistä. Teknologiaamme kohti parempaa huomista. Verkkosivu. Viitattu 14.3.2023. <https://www.home.sandvik/fi/tietoja-meist%C3%A4/>

SAP. n.d. What is product lifecycle management (PLM). Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. <https://www.sap.com/insights/what-is-product-lifecycle-management.html>

Siirtola, H. 2007. Interactive Visualization of Multidimensional Data. Vuorovai-
kutteinen teknologia. Informaatitieteiden tiedekunta. Tampereen yliopisto. Väi-
töskirja. Viitattu 27.3.2023 [https://trepo.tuni.fi/bitstream/han-
dle/10024/67711/978-951-44-6939-8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/67711/978-951-44-6939-8.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Siemens. n.d.a. JT2Go. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. [https://www.plm.automat-
ion.siemens.com/global/en/products/plm-components/jt2go.html](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/plm-components/jt2go.html)

Siemens. n.d.b. JT2Go desktop. What features are included. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. [https://www.plm.automat-
ion.siemens.com/media/glo-
bal/en/JT2Go%20Desktop-What%20Features%20are%20Inclu-
ded%201042022_tcm27-58015.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/media/global/en/JT2Go%20Desktop-What%20Features%20are%20Included%201042022_tcm27-58015.pdf)

Siemens. n.d.c. NX. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2023. [https://www.plm.automat-
ion.siemens.com/global/en/products/nx/](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/)

Siemens. n.d.d. Teamcenter. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2023. [https://www.plm.au-
tomation.siemens.com/global/en/products/Teamcenter/](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/Teamcenter/)

Siemens. n.d.e. Teamcenter using Active Workspace. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2023. [https://www.plm.automat-
ion.siemens.com/global/en/products/colla-
boration/active-workspace.html](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/active-workspace.html)

Siemens. n.d.f. 3D-modeling. Verkkosivu. Viitattu 23.3.2023. [https://www.plm.automat-
ion.siemens.com/global/en/our-story/glossary/3d-mo-
deling/17977_luettu_23.3.2023](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/3d-modeling/17977_luettu_23.3.2023)

Steele, J.& Iliinsky, N. 2010. Beautiful Visualization. Looking data through the
eye of experts. Chapter 19. E-kirja. 1 painos. California: O'Reilly media inc.
Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 28.3.2023. [https://learning.oreilly.com/lib-
rary/view/beautiful-visualiza-
tion/9781449379889/?sso_link=yes&sso_link_from=tampere-university](https://learning.oreilly.com/library/view/beautiful-visualization/9781449379889/?sso_link=yes&sso_link_from=tampere-university)

Visual Components. n.d.a. Design the factories of the future. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023 <https://www.visualcomponents.com/>

Visual Components. n.d.b. Visual Components 4.6. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2023. <https://www.visualcomponents.com/products/>

LIITTEET

Liite 1. Tuotelinjan haastattelu.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM:23.3.2023

Haastateltava osasto: Tuotelinja

Kysymykset:

-Mitä mallista vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessanne/käyttämässä ohjelmistossa?

Mallista yksityiskohdat piiloon, palkkien paksuudetkin olisi hyvä olla umpinaiset tai ns. pintamalleja. Laitteen näyttävyys tärkein. Koulutussimuloinnin malli voisi olla hyvä visuaalisesti tuotelinjan käyttöön, mutta siitäkin pitäisi poistaa sitten yksityiskohtia, jos laitteesta toimitetaan 3D-malli asiakkaalle. Asiakkaalle toimitettavassa mallissa voisi olla ne liikkeet, mitä laitteen tekninen spesifikaatio kertoo jo asiakkaalle. Animaatiossa saisi olla tarkka kone esim. moottoria ei poisteta, mutta se voisi olla ns. pintamalli tai yhtenäinen "kiöntti".

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pultteja, vahvikkeita?

Päällisin puolin ei mitään. Kevytmalleja tehty poistamalla osia, mutta esimerkiksi kun moottori on poistettu, tulee koneesta ontton näköinen ja se ei silloin täysin vastaa visuaalisesti oikeaa laitetta.

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Visuaalisesti ulkopinnoilta sen pitäisi vastata tosellista laitetta. Kuitenkin asiakkaalle toimitettavia 3D-malleja muokattava niin, että yksityiskohtia ei näkyisi eikä näin ollen tuotevakoilua pääse tapahtumaan.

-Mikä on ns. nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

Mekaniikkasuunnittelusta. Tuotelinja välittää vain koneen mallin pyydettyä asiakkaalle.

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

Step-tiedostomuoto käy.

(-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?)

(-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?)

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Kevytmallikansio, jossa jo valmiiksi kevennettyjä malleja on Mäkinen Pasi Teamcenterissä.

Malleja pyydetty mekaniikkasuunnittelusta.

(-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittäkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?)

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

Mekaniikkasuunnittelu. Toistaiseksi mallit kevennetty NX:ssä.

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakulma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

Ei voi, vaaditaan visuaalisesti ulkopinnoilta täydellinen laite.

(-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?)

Liite 2. Koulutussimuloinnin haastattelu.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM:15.3.2023

Haastateltava osasto: Koulutussimulointi (Huoltokoulutus)

Kysymykset:

-Mitä mallilta vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käyttämässä ohjelmistossa?

Visuaalisesti näyttäisi oikealta koneelta päällepäin. Olisi hyvä, jos konetta pystyisi purkamaan vaikkapa hieman isompiin komponenttikokonaisuuksiin.

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pultteja, vahvikkeita?

Esimerkiksi pienet piilossa olevat yksityiskohdat kuten pultit ja mutterit voi jättää pois

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Minimivaatimus mallille näyttää täydelliseltä JT-mallilta päältäpäin ja sitten sen pystyisi kuitenkin purkamaan "osakokonaisuuksiin" koulutusmielessä.

-Mikä on ns nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

3D-mallia ei tällä hetkellä pystytä katsomaan/käsittelemään, kun ei ole sopivaa ohjelmistoa. JT-mallia katsellaan viewerillä ja sieltä otetaan käyttöön joitain näkymiä.

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

gltf tai gltf olisivat hyviä toimivat suoraan Sharepointissa. Voidaan katsoa konetta 360 näkymällä ja katsella tiettyä osaa siitä näkymästä. fbx voisi toimia blenderillä

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

Tällä hetkellä ei "omia" malleja, JT-malleja käytetään, jos jotenkin pystytään, eikä oikein pystytä, kun ei ole sopivaa ohjelmaa JT-mallin avaamiseen

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

Sekä että jos mahdollista.

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Mekaniikkasuunnittelusta JT malli.

-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittäkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?

Jokainen laitevariaatio pitäisi olla, ainakin I ja IE sarjalaisille

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

Ei olla vielä siinä vaiheessa, mutta ajatus olisi, että JT-mallista saadaan exportattua halutut tietyt osat koko koneesta.

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakuuma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

Ei voi jättää, konetta katsotaan "avaruudesta"

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

JT-mallit käytössä. Hankala käyttää, koska JT-salattu, eikä sitä saa auki helpolla. Pelkkä kuorimalla laitteesta riittäisi. glb tai gltf tiedostot olisi hyviä. Edellä mainitut liittyisivät siihen, että laitetta voisi katsoa virtuaalisesti 360astetta tilassa. Creanex tekee simulaattorit.

Koulutussimuloinnissa on kehitteillä nyt sellainen, että esimerkiksi konetta voisi katsoa 360astetta näkymällä ja sitten siitä näkymästä voitaisiin katsoa jotain haluttua osaa ja ottaa se niin sanotusti käsiin hypisteltäväksi. Osa siis vaikkapa irtoaisi muusta koneesta "ilmaan". Creanex ja J.O puolestaan hoitavat näitä "ajettavia" koulutussimulaattoreita.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM: 9.3.2023

Haasteltava osasto: Koulutussimulointi

Kysymykset:

-Mitä mallilta vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käyttämässä ohjelmistossa?

-Mitä voidaan mallista jättää pois, puitteja, vahvikkeita?

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

-Mikä on ns nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittäkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakulma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

Kehitteillä mobiiliapplikaatio, jossa esimerkiksi vikatilanteessa rikkoontunut/viallinen osa "maalautuis" koko mallista ja näin ollen nähtäisiin suoraan missä vikaantunut komponentti koneessa sijaitsee. Tämä ei aivan liity opinnäytetyöhän, mutta sivussa voisi vikaista pystyykö esim. Visual Componentilla tekemään tällaista komponentin etsintää. Esimerkiksi voisiko malli olla jollain nettiselaimella (html) ja sitä kautta näkyä koneessa ohjaamon näytöllä

Liite 3. Automaation haastattelu

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM:29.3.2023

Haastateltava osasto: Automaatio

Kysymykset:

-Mitä mallilla vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käyttämässä ohjelmistossa?

Lähinnä kiinnostuneita puomeista ja puomin kiinnityslevystä. Koko kone myös käy mutta on nice to have ominaisuus. Itse joutuneet tekemään liikkeet puomien niveliin. Puomien pääkomponentit ja liikkeet tärkeimmät.

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pultteja, vahvikkeita?

Puomeista jätetty pois esimerkiksi sylinterit ja muita pienempiä yksityiskohtia.

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Mallin ei tarvitse olla täysin tarkka. Riittää kun puomin osat ovat yksinkertaistettuina malleina. Muutoin koneen näöllä ei ole väliä, voi olla vaikkapa ns. rautalankamalli jonka avulla voi nyt vähän hahmottaa koneen sijaintia.

-Mikä on ns nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

Malleja pyydetty esim. mekaniikkasuunnittelusta ja stabiiliteettiosastolta

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

Stl muoto suosituin. Step ei toimi. JT käy, jos sille löytyy sopiva muokkaustyökalu.

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

Karkea malli. Puomiston komponentit yksinkertaisina malleina ilman suurempia yksityiskohtia. Muut osat laitteesta rautalankamallina.

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

Pitää tuoda osissa käytettyyn ohjelmistoon.

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Pyydetty mistä milloinkin, ei selkeää toimintatapaa.

(-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittääkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?)

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

Tällä hetkellä mallit tulleet mistä sattuu, kuten stabiiliteettiimitä tai mekaniikkasuunnittelulta. Muokkaukset tehty mekaniikkaosaston puolesta.

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakulma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

Nykyisin mallissa puomit näkyvät melko tarkkana, mutta muuten koko kone on kuin rautalankamallina näkyvissä.

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

Origo ovat nyt väärissä paikoissa, täytyisi keksiä joku keino siihen. Origo pitäisi aina olla nivelen akselilla. Toinen vaihtoehto olisi selkeä ohje, kuten kuva missä olisi merkattuna oikeat origon paikat. Törmäystestauksen kannalta origot olisi tärkeä olla oikeassa paikassa. Massatieto olisi hyvä olla. Jos osat olisivat laitteen origon kanssa samassa (puomin kääntäksellillä) puomien ollessa nolla asennossa.

Liite 4. Ohjelmistotestauksen haastattelu.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM:27.2.2023

Haastateltava osasto: Ohjelmistotestaus

Kysymykset:

-Mitä mallilta vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käyttämässä ohjelmistossa?

Kaikkien puomien osien liukuttava, ei tarvitse olla millilleen mitat, kunhan suhteessa keskenään. Ei olisi haittaa, jos kaikissa kappaleissa olisi oikeita mittoja.

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pulitteja, vahvikkeita?

Detaljeille ei ole niin väliä. Mutta Esim. käsittelijä ja kaikki siinä poran ympärillä (liikkuvat osat) olisi hyvä olla kohtalaisen tarkasti, nähdään mahdolliset törmäykset. Hetki sitten meinannut käydä hassusti, kun mallissa ei näkyntäkään osia ja prototestauksessa tulikin osumaa ->jouduttiin antureiden avulla muokkaamaan liikeratoja törmäyksen estämiseksi. Takarungosta tärkeimmät ovat maatuet. Muualla ei väliä

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Riittää todella epätarkka malli, mutta parempi jos olisi melko tarkka. Nyt koulutussimulaation malli tulee softatestaukseen käyttöön, kun on tehty valmiiksi ja se syrjäyttää epätarkan mallin.

-Mikä on nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

Mekaniikkasuunnittelusta lähetetään 3D-malli creanexille ja he tekevät simulaattorin toimivaksi.

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

Step mahdollinen. Myös JT-malli mahdollinen. Lähetetään tässä muodossa siis creanexille.

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

Esimerkkikuvia nähty. Alkuvaiheessa todella pelkistetty malli, ei juurikaan yksityiskohtia. Jossain vaiheessa koulutusmalli syrjäyttää pelkistetyn mallin.

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

Kysyttävä Creanexilta.

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Mekaniikkasuunnittelusta mallit lähetetään Creanexille, jotka tekevät mallin softaan sopivaksi. Yleensä mekaniikkasuunnittelusta lähtevässä mallissa on ollut vielä muokattavaa Creanexilla. Muokkaustarpeet olisi hyvä selvittää.

-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittääkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?

Esim. DI laitteesta nyt vain yksi malli, yrittävät ympätä samaan malliin eri variaatioiden toiminnot, jos ei suuria eroja. Tietysti jos olisi omat mallit parempi.

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

Edelleen mekaniikkasuunnittelu muokkaa mallit ja creanex tekee simulaattorin.

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim. koneen takaosa yms., jos kuvakulma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

Ei jätetä pois, mutta riittää ihan pelkistetty "laatikkokin". Esimerkkikuvissa koneen takaosa oli aika laatikko. Koulutusmalli oli sitten jo todella tarkka, sisälsi jopa huomiotarroja yms.

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

Mistä liikeradat tulevat pitäisi selvittää? Mekaniikkasuunnittelun olisi hyvä antaa kaikki liikeradat (esim nivelet, sylinterit yms) ja lähettää niistä datasheetti mallin mukana nyt esim. Creanexille, saisivat siellä jo oikeat liikeradat mallille. Creanexissa pystyy myös säätämään liikerajoja ja sitä softatestausta joutunut nyt tekemään.

Liite 5. Alihankkijan haastattelu.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM:11.4.2023

Haastateltava osasto: Creanex Oy

Kysymykset:

-Mitä mallilta vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käytännössä ohjelmistossa?

Simuloinnin kannalta tärkeintä, että kone jaetaan liikkuviin komponentteihin. Eli osien pitää liikkua (Koskee simulaattoria). Koulutussimulaattorissa tekstuurit tärkeitä, eli laitteen näytettävä oikealta

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pultteja, vahvikkeita?

Voidaan esimerkiksi yksinkertaistaa moottori, eli poistaa kokoonpanon ei näkyvät osat. Piilossa olevia osia voi poistaa. Pätee myös muihin komponentteihin, jotka eivät näy. Kuitenkin laitteen VR katselu kehittäillä, joten sitä mietittävä mitä osia voi poistaa. VR-tarkastelussa pitäisi nähdä komponentti, mutta komponenttia itsessään ei tarvitse pystyä purkamaan.

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Koulutussimulaattorissa laitteen ulkonäön pitäisi vastata myyntimallia. Tuotekehitysvaiheessa oleva testaussimulaattorimalli voi olla ulkonäöllisesti karkea ja vain testauksen kannalta tärkeimmät komponentit tärkeitä ja oltava mallissa.

-Mikä on ns nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

3D-malli saadaan Sandvikin mekaniikkasuunnittelusta. Mallin komponentit konfiguroidaan koordinaattien avulla creanex ohjelmistoon, jossa avaruuteen syntyy simulaatiomalli.

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

Step tai JT-muoto.

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

Testaussimulaattorin mallit todella karkeita, osassa vain alusta ja puomit. Koulutussimulaattorimalli taas vastaa täysin oikeaa laitetta, laitteen osissa jopa kulumat ja lika näkyvät.

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

Jokainen komponentti tuodaan yksitellen omaan muokkausohjelmistoon. Laitte kasataan konfiguraattorin kautta, jossa määritellään koordinaatit ja mihin niin kutsuttuun parent-osaan komponentti kiinnittyy. Laitte kasautuu annettujen koordinaattien mukaisesti avaruuteen eli ohjelmistoon sisään.

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Sandvikin mekaniikkasuunnittelija tallentaa Creanexin verkkolevyille "valmiita" malleja. Creanexilla ei pääsyä Sandvikin verkkolevyille.

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

3D-geometrian muokkausta ei enää Creanexilla tehdä. 3D-malli konfiguroidaan creanex simulaatio-ohjelmistoon. Koulutussimulaatiomallin lisätään tekstuureja.

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakulma on vaikkapa hyttistä kuvattuna?

Ei näkyvät komponentit toistaiseksi. VR-katselmuksen kannalta suurin osa komponenteista oltava paikallaan ja poistoja ei voida tehdä.

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

Mekaniikkamalleista ei saada materiaaleja ja tekstuureja, mutta markkinoinnin tekemä malli olisi juuri sopiva creanexin käyttöön. (kts nettisivuilta laitteiden kuvia) olisi tärkeä selvittää saisiko Sandvikin tekemää visualisoitua myyntimallia käyttöön. Letkunippuja myös tehty visualisoinnin kannalta Creanexilla ja koulutussimulaattorissa sen kannalta, että letkut otetaan myös huomioon. Staattiset letkut olisivat visualisoinnin kannalta hyviä.

Pyyntö oli, että laitteen kehityksen aikana mallin visualisointi kehittyisi samaan tahtiin, esim. jos markkinointi kerkeää tekemään teksturoidun mallin ennen creanexia, voisi creanex saada päivitettyä mallin omaan käyttöön ja päinvastoin. Tähän yhteydenpitoon joku selkeä "ohje".

Laiterakennetta voisi pilkkoa halutessaan pienempiin osakokonaisuuksiin.

Liite 6. Stabiiliteettisimuloinnin haastattelu.

Kartoitus 3D-mallin tarpeista

PVM: 7.3.2023

Haastateltava osasto: Stabiiliteettisimulointi

(Vastaukset haastateltavan lähettämän sähköpostin pohjalta)

Kysymykset:

-Mitä mallia vaaditaan? Esimerkiksi juuri teidän tarkoituksessa/käyttämässä ohjelmistossa?

3d-geometria, oikea massa, nivelten/sylinterien liikealueet

Mevea simulointimalliin pitää laskea osien inertiat ja massat. Se onnistuu käytännössä ainoastaan 3d mallista, jossa osien tiheydet on mallinnettu oikein.

Grafikoihin riittää karkeampi malli. Minimivaatimus on kohtuullinen stl-tiedoston koko (<10 000KB, noin). Riippuen siitä kuinka hyvin tekee, kokoa voi pienentää polstamalla pieniä osia, polstamalla piirteitä ja/tai harventamalla verkkoa (Blender decimate työkalu)

Erlaisiin stabiiliteettilaskentoihin riittää vähempi, yksinkertaisimmillaan ns. massataulukko.

-Mitä voidaan mallista jättää pois, pultteja, vahvikkeita?

Massa/inertia laskennassa ei mitään. Grafikoissa vapaat kädet, ks. edellinen. Kohta.

-Kuinka tarkka mallin pitää olla?

Massatietojen olisi hyvä olla mahdollisimman tarkkoja. Herkkyyksianalysillä voidaan selvittää hyväksyttävä kilomääräinen virhe, kun tiedetään, kuinka suuri virhe lopputuloksessa hyväksytään. Lonkalta arvioisin, että 500 kg / 20 tn laitteessa on maksimi. 200 kg, hyvä; <100kg erinomainen. Jos virhe on alustalla, sen vaikutus on pienempi ja helpommin hallittavissa: massa pysyy melko paikallaan. Puomissa virheellinen massa liikkuu enemmän ja virheen lopullinen vaikutus on vaikeammin hallittavissa.

-Mikä on ns nykyinen toimintamalli sille mistä 3D-malli tulee, minkälaisena ja miten se saadaan ohjelmaan sisään?

Ise hakemalla TC → NX → step export → Spaceclaim → paloittelu, grafiikan siistintä, punnitus → Mevea

-Missä tiedostomuodossa osat/kone pitää olla?

TC riittää yo. Workflowlla. Jos tiedostoja toimitetaan jotenkin muuten, esim. Step käy. Meveaan malli pitää muuttaa stl-tiedostoksi (tai muu kolmiografiikka)

-Minkälainen on tällä hetkellä oleva 3D-malli?

TC:ssä vaihtelevasti koossa oleva kokoelema osia, Spaceclaimissa master + irto osat lokaaleihin koordinaatistoihin siirrettyinä. Meveassa monikappale malli, jossa massatiedot ovat pistemassoina ja grafiikat pelkistetty.

-Tuodaanko koko kone kerralla käytettävään ohjelmaan, vai esimerkiksi osissa?

Yleensä kolmessa osassa: puomi, syöttölaite, runko. Mallintamisen kannalta puomit ja syöttölaitteet jakavat osia vasemman ja oikean puolen kesken. Usein riittää, että mallintaa yhden puolen ja peilaa toisen.

-Mistä malli tulee, onko jollain kansio valmiille 3D-malleille, jota joku hallinnoi?

Valmiita Mevea-malleja on verkkolevyllä, niitä lisätään sinne projektien rauhoituttua (konseptointi loppuu), kun mallin katsotaan olevan valmis.

(-Kun mastermallia ei voi käyttää, mikä variaatio otetaan käyttöön? Vai onko useita? Riittääkö joku tietty variaatio? Kuka päätöksen tekee?

Jos TC-mastermallia ei ole, tehdään Mevea-malli siitä mitä saadaan. Tämä on jo aika tapauskohtaista.)

-Kuka muokkaa 3D-mallit ja millä ohjelmalla?

Mallin pilkkominen monikappaledynamiikkaan mallinnettaviin osiin on oleellinen mallinnuspäätös. Se työ kuuluu simulointimallin tekijälle. Siksi grafiikoiden teko ja osien punninta on myös simuloijan tehtävänä

-Voiko mallista jättää suoraan jotain isompaa pois, esim koneen takaosa yms, jos kuvakulma on vaikkapa hytistä kuvattuna?

Kyllä, näin toimitaan yleensä. Tällöin ei voi tarkastella stabiiliteettiä.

-Toiveita mallin suhteen, pitäisikö jotain muuttaa? Ehdotuksia, jotka helpottaisivat työtä?

TC-mallien rakenne on simuloinnin kannalta hankala. Rakenne, jossa yhtenä kappaleena liikkuvat osat olisivat samassa kokoonpanossa olisi kätevin. Se ei varmastikaan palvele muita mallin käyttäjiä. Nykytilanne lienee kohtuullinen kompromissi. Työmäärä mallin siloimisessa ei ole mahdollottoman suuri.

Olisi assosiativinen malli oikeaan malliin nähden

Esim. runko ja syöttölaitteet vain pintamalleina