



# Voimalaiteyksikön kokoonpanoanalyysi 3D-mallia hyödyntäen

Tuomas Mattila

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2023

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka  
Tuotekehitys

MATTILA, TUOMAS:  
Voimalaiteyksikön kokoonpanoanalyysi 3D-mallia hyödyntäen

Opinnäytetyö 33 sivua  
Huhtikuu 2023

---

Opinnäytetyössä tutkittiin 3D-mallin hyödyntämismahdollisuuksia Metso Outotecin valmistaman Lokotrack®-voimalaiteyksikön prototyypin asennuksessa, työvaiheiden suunnittelussa ja kokoonpanosuunnittelussa. Opinnäytetyössä analysoidaan voimalaitemoduulin rakenne, kokoonpanojärjestys ja vaiheistus sekä tunnistetaan eri osakokoonpanot. Lisäksi tarkastellaan 3D-mallin käytön mahdollisuuksia kokoonpanoprosessin nopeuttamiseksi. Lokotrack®-tela-alustaisen murskaimen valmistuksessa tutkitaan mahdollisuutta korvata 2D-piirustuskuvat osin tai täysin 3D-JT-tiedonsiirtomallilla.

Tässä opinnäytetyössä prototyypin kokoonpanojärjestys määritettiin 3D-mallin avulla ja prosessi purettiin vaiheisiin. Tavoitteena oli löytää työtä tehostavat ja aikaa säästävät ennakoivimmat vaiheet sekä rinnakkaistyövaiheet. Prosessissa käytettävä 3D-mallinnus toteutettiin Siemens NX-ohjelmistolla, josta käännettiin JT-malli. Siitä saatua mallia hyödynnettiin 3D-mallin analysoinnissa. Opinnäytetyö tehtiin Metso Outotecille, joka tuottaa kestävästä kehityksestä edistäviä teknologioita ja kokonaisvaltaisia ratkaisuja sekä palveluita kaivosteollisuudelle.

Tutkimuksen pohjalta voimalaiteyksikön rakenteen analysoinnin tuloksena 2D-kuvista on mahdollista luopua, jos 3D-PDF-kuvia hyödynnetään tehokkaasti 3D-mallin rinnalla. 3D-PDF-kuvat mahdollistivat, että tuotannossa voitiin lisätä asennuksessa tarvittavaa lisätietoa. 3D-mallin ja TDP-kuvien käytön haasteiksi havaittiin suuri henkilökunnan ja alihankkijoiden koulutuksen tarve sekä ison organisaation toimintakulttuurin muuttaminen hyödyntämään 3D-mallin tuomia etuja.

Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella 3D-malliprojektia jatketaan ja tästä työstä saatuja havaintoja hyödynnetään tulevissa projekteissa. Tulosten avulla voidaan suunnitella tuotantoa sekä valmistautua tarvittavilla apuvälineillä etukäteen ennen kokoonpanon aloitusta. 3D-mallin laaja-alaisemmalla käytöllä on mahdollista tehdä esikatselmointeja suunnittelijoiden ratkaisusta ja ehdottaa muutoksia tuleviin kokoonpanoihin tuotannon näkökulmasta. Tarkoituksena on, että prototyyppien valmistusvaiheen jälkeen, 3D-mallit tulevat tukemaan päivittäistä valmistusprosessia.

---

Asiasanat: 3D-malli, kokoonpanojärjestys, kokoonpanoanalyysi, JT-malli

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Production Engineering  
Product Development

MATTILA, TUOMAS:

Assembly Analysis of a Power Unit Using a 3D Model  
Bachelor's thesis 33 pages  
April 2023

---

The purpose of the thesis was to investigate the possibilities of utilizing a 3D model in the installation, work phase and assembly planning of the Lokotrack® power unit prototype manufactured by Metso Outotec. The thesis analyzes the structure, assembly order and phasing of the power unit module and identifies the different sub-assemblies, as well as examines the possibilities of using a 3D model to speed up the assembly process. In the production of the Lokotrack® track-mounted crusher, the goal was to investigate the possibility of partially or completely replacing the 2D drawings with a 3D Jupiter Tessellation (JT) model.

In this thesis, prototype's assembly order was determined using a 3D model and the process was broken down into phases. The goal was to find advance preparations and parallel work phases that make work more efficient and less time-consuming. The 3D modeling used in the process was implemented with Siemens NX software, and the model was then transferred into the JT format. The resulting model was used in the analysis of the 3D model. The thesis was done for Metso Outotec, which produces technology that promotes sustainable development and comprehensive solutions and services for the mining industry.

Based on the research, by analyzing the structure of the power unit, it is possible to abandon 2D images if 3D PDF images are effectively utilized alongside the 3D model. The 3D PDF images made it possible for production to add additional information needed for installation. There are two main challenges in bringing the 3D model and Technical Data Package (TDP) images into use: there is a great need for staff and subcontractor training and changing the operating culture of a large organization to utilize the benefits brought by the 3D model.

As a result of the thesis, the 3D model project will continue and the findings from this work will be utilized in future projects. With the help of the results, production can be planned, and the necessary aids can be prepared in advance before the start of assembly. With the wider use of the 3D model, it is possible to make previews of the designers' solutions and propose changes to future configurations from a production point of view. The objective is that after the prototype manufacturing phase, the 3D models will support the daily manufacturing process.

---

Key words: 3D model, assembly order, assembly analysis, JT model

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	METSO OUTOTEC.....	7
	2.1. Metso Oyj.....	7
	2.2. Outotec Oyj .....	8
	2.3. Metso Outotec.....	9
	2.4. Tuotteet.....	10
3	3D-MALLINNUS JA SIINÄ KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT.....	12
	3.1. Siemens NX .....	12
	3.2. NX Technical Data Package (TDP).....	14
	3.3. Teamcenter ja JT2GO.....	15
4	VOIMALAITEMODUULIN RAKENTEEN ANALYSOINTI.....	17
	4.1. Osakokoonpanojen tunnistaminen .....	19
	4.1.1 Lisälämmitin, generaattori ja muoviovet .....	19
	4.2. Kokoonpanojärjestyksen määrittely.....	22
	4.2.1 Varustelu .....	23
	4.2.2 Vaiheet 1-5 .....	24
	4.3. Työkalujen, telineiden yms. tunnistaminen.....	27
5	3D-MALLINNUKSEN KÄYTTÖÖNOTON HAASTEET .....	29
6	POHDINTA .....	30
	LÄHTEET.....	32

**ERITYISSANASTO**

3D-kuva	Kolmen tilaulottuvuuden avulla määritelty kuva
Adobe PDF Reader	3D-PDF-katseluohjelma
BOM	BOM (Bill Of Materials) eli materiaalilista
Dimensio	Ulottuvuus
Insertti	Metallinen kiinnitettävä kierre-elementti
JT-malli	Jupiter Tessellation, tiedonsiirtomalli
JT2GO	Siemensin JT-mallien 3D-katseluohjelma
Kokoonpanoruutu	Kokoonpanolinjaston yksittäinen työasema
Lokomobiili	Höyryllä käyvä voimakone
LT	Lokotrack
Lokotrack	Mobiilialustainen kivenmurskain
Malli	Kappaleen tarkka 3D-kuva
MBD	Model-based Definition, mallipohjainen tuotemäärittely
Materiaalinimike	Lopullisen rakenteen yksittäinen komponenttinimike
Osakokoonpanosolu	Alikokoonpanon kokoonpanopiste
PDM	Product Data Management
Shim-levy	Metallinen säätölevy
Tahtiaika	Aika, joka pitäisi kulua komponentin tuottamiseen yhteen lopputuotteeseen, eng. takt-time
TDP	Technical Data Package, tekninen datapaketti
Teamcenter	Siemens tuotteen elinkaarihallintajärjestelmän ohjelmisto
ZIP-tiedosto	Pakattu ja purettavissa oleva Windows-tiedosto

## 1 JOHDANTO

Metso Outotec on suomalainen mineraalien jalostukseen, kiviainesten käsittelyyn ja metallinjalostukseen keskittynyt konserni. Sen missiona on tuottaa kestävästä kehitystä edistäviä teknologioita ja kokonaisvaltaisia ratkaisuja ja palveluita. Tampereen Lokomonkadun toimipisteessä keskitytään yksittäisten kivenmurskainten ja liikkuvien kivenmurskauslaitosten tuotekehitykseen ja valmistukseen.

Kaivosteollisuudessa uusia tuotteita kehitetään jatkuvasti ja sen myötä myös uusia tuotantotapoja. Tavoitteena on kehittää niin aika- kuin kustannustehokkaita menetelmiä tulevaisuuden prosesseihin. Tällä hetkellä Metso Outotecilla tuotteisiin liittyvät koneiden osat suunnitellaan Siemens NX-ohjelmalla, jonka jälkeen 3D-mallien pohjalta tuotetaan 2D-kuvat. Tuotannossa kuvat ja osaluettelot tulostetaan tämän jälkeen paperikuviksi kansioihin. Tavoitteena tulevaisuudessa on, että kokoonpanokuvia ei enää tulosteta ja 2D-kuvat poistuvat kokoonpanosta. Tämän työn tarkoitus on tutkia, miten 3D-mallia voidaan hyödyntää asennuksessa, työvaiheiden suunnittelussa ja kokoonpanosuunnittelussa. Työ tehdään yhteistyössä Metso Outotecin kanssa.

3D-malliprojektin ensimmäisessä vaiheessa pilotoidaan moottorimoduulin eli voimalaiteyksikön prototyypin kokoaminen 3D-kuvien avulla. Saatujen tulosten ja havaintojen perusteella voidaan jatkokehittää prosessia ja tehdä siihen korjauksia ennen kuin 3D-malli otetaan laajempaan käyttöön. Työ toteutetaan käyttämällä Siemens NX:stä luotua 3D-mallia. Mallia käytetään joko Teamcenter VISUALIZATION Professional tai JT2GO-ohjelmalla. Tavoitteena on tehostaa koneiden kokoonpanoa vastaamaan tulevaisuuden tarpeita. Menetelmä on tarkoitus ottaa käyttöön Metso Outotecin uusissa tuoteperheissä vuoden 2024 aikana.

## 2 METSO OUTOTEC

### 2.1. Metso Oyj

Metson historia alkaa vuodesta 1915, kun sen edeltäjän Lokomon toiminta käynnistyi. Yrityksen alkuperäinen tarkoitus oli vastata kasvaneeseen rautatiekaluston kysynnän tarpeeseen. Syntyi Oy Lokomo Ab, joka valmisti lokomobiileja sekä muita konepajateollisuuden laitteita. Ensimmäiset omavalmisteiset H8-veturit valmistuivat vuonna 1920 (KUVA 1). Myöhemmässä vaiheessa Lokomolla valmistettiin myös mm. tientekokoneita ja kirkonkelloja, kunnes vähitellen tuotanto keskittyi murskaimiin. (Törmä 2015.)



KUVA 1. Oy Lokomo Ab:n ensimmäinen veturi vuodelta 1920 (Pörssitieto n.d.)

Vuonna 1970 Oy Lokomo Ab fuusioitui Rauma-Repola Oy:n kanssa tehostaakseen tuotantoaan, tuotekehitystään sekä markkinointia. Fuusion myötä tuotantorakennetta uudelleen järjestettiin, jonka seurauksena valmistusmäärät moninkertaistettiin. (Törmä 2015, 123–127.)

Tuotannon kehittymisen ja yrityskauppojen myötä useampia toimijoita yhdistettiin ja yrityksen omistuspohja vaihtui usein. Vuonna 1999 silloinen Rauma Oy ja Valmet Oy fuusioituivat, jonka tuloksena syntyi Metso Oy ja Lokomon tontilla edelleen murskaimia valmistava Metso Minerals Oy. (Törmä 2015, 201.)

Vuosien saatossa muut tehtaalla valmistetut tuotteet ovat hiljalleen jääneet pois tuotannosta ja jäljelle ovat jääneet mainetta ja menestystä niittäneet murskaimet. Edelleen tänä päivänä valmistetaan 1980-luvun alussa markkinoille tulleen ja maailmanvalloituksen aloittaneen Lokotrack®-murskaimen seuraajia. (Törmä 2015, 178–181.)

## **2.2. Outotec Oyj**

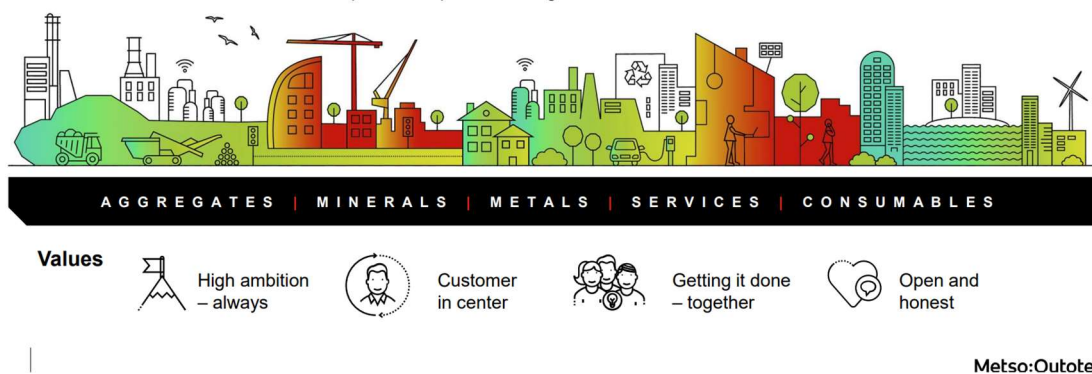
Valtion kupariyhtiö Outokumpu Oy kehitti 1940-luvun lopun sähköpulan innoittamana tavan valmistaa kuparia ilman ulkopuolista energiaa. Syntyi menetelmä nimeltään liekkisulatus, jossa käytetään malmin omaa rikkiä energiana. Myöhemässä vaiheessa, liekkisulatuksen pohjalta yrityksen teknologiatoiminnot eriytettiin omaksi yhtiökseen, Outokumpu Technology Oyj:ksi. Vuonna 2001 yritykseen ostettiin italialainen Lurgi Metallurgi ja näiden kahden yhtälöstä syntyi vuonna 2006 Outotec Oyj. (Hulkko 2010.)

Outotec Oyj keskittyi lähinnä suunnitteluun ja asiantuntemuksen jakamiseen, varsinaisen valmistuksen sijaan. Vuosien 2006–2019 välillä yhtiö teki useamman yritysoston ja kasvatti sitä kautta liiketoimintaansa. Yrityksen pääpainopisteenä on ollut erilaiset kaivosteknologia- ja laitoshankkeiden suunnittelu ja toteuttaminen yhteistyössä kumppaneidensa kanssa. Outotecin teknologioita on käytetty muun muassa erilaisten perusmetallien tuotantoon, raaka-aineiden prosessointiin, kaasujen käsittelyyn ja bioenergian tuottamiseen. (Hulkko 2010.)

### 2.3. Metso Outotec

Vuonna 2020 syntyi suomalainen pörssiyhtiö Metso Outotec, kun Metso Minerals Oy:n kaivosliiketoiminta ja Outotec fuusioituivat. Metso Outotecin yhdistymistä edelsi yrityskauppa, jonka päätarkoitus oli ostaa kanadalainen kilpailija, liikuteltavien murskaus- ja seulontalaitteiden valmistaja McCloskey. Kivenmurskausliiketoimintaa on Suomessa harjoitettu jo useamman vuosikymmenen ajan Tampereen Lokomonkadulla ja yrityksen palveluksessa on edelleen työntekijöitä, joilla on pitkä historia sukupolvelta toiselle ”lokomolaisina”. Metso Outotec edustaa nyky muodossaan edelleen tamperelaista teollisuusperinnettä, joka on jatkunut yhtenäisesti aina vuodesta 1915 alkaen näihin päiviin. (Metso Outotec 2019.)

Metso Outotec konsernin sisäiset globaalit toimialat ovat kiviainesala, kaivosala sekä metallinjalostus (KUVA 2).

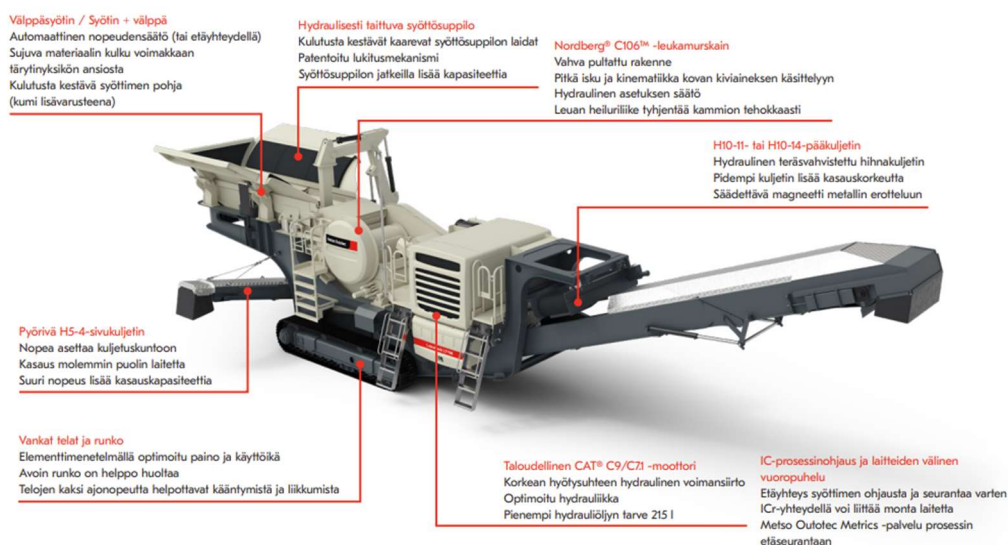


KUVA 2. Metso Outotecin liiketoiminta-alueet (Metso Outotec 2022a)

Tampereella keskitytään valmistamaan murskaimia kaikkiin olosuhteisiin aavikolta Siperian pakkasiin. Suomalaista ammattitaitoa, teknologiaa ja laatua arvostetaan maailmanlaajuisesti ja hyvä maine on eduksi kilpaillulla alalla. Tehtaan Lokomonkadun toimipisteessä työskentelee tällä hetkellä noin 800 henkilöä, joista puolet tuotannon työntekijöinä ja puolet toimihenkilöinä. Metso Outotec kuuluu omalla alallaan maailmaan johtaviin teollisuusyrityksiin. Yritys valmistaa laitteita luonnonvarojen kestävään käsittelyyn ja virtaukseen yllä mainituilla teollisuuden aloilla. Ydintarkoitus on, että asiakkaat voivat laitteiden avulla tehostaa toimintaansa, vähentää riskejä ja parantaa kannattavuutta. (Metso Outotec 2019.)

## 2.4. Tuotteet

Metso Outotecin Tampereen Lokomonkadun tehtaalla valmistetaan mobiilialustaisia kivenmurskaimia (KUVA 3) sekä leukamurskaimia (KUVA 4). Mobiilialustaisista kivenmurskaimista tuotannossa on Lokotrack® LT-sarjan laitteet, jotka ovat tela-alustaisia murskaimia sekä murskain-seulayhdistelmiä. Niitä on helppo liikutella ja siirtää työmaalta toiselle. Lokotrack® 7 LT-sarjan laitteita käytetään kiviainestuotantoon sekä muun muassa rakennusjätteen kierrätykseen. Jossain tapauksissa niitä voidaan hyödyntää myös kaivoksilla. Laitteiden monipuolisuus näkyy siinä, että niitä on mahdollista käyttää sellaisenaan yksin tai osana isompaa tuotantoprosessia. Suurin käyttäjäryhmä ovat urakoitsijat ja maanrakennusyrittäjät. Lokotrack® LT-sarjan murskaimia löytyy myös louhoksilta ja kaivoksilta. Kyseisiä murskaimia on saatavilla sellaisenaan, seulavarusteisina, dieselkäyttöisenä, diesel- ja sähkökäyttöisinä hybrideinä sekä melu- ja pölyeristettyinä malleana. (Metso Outotec, n.d.-c.)



KUVA 3. Lokotrack® LT106™ liikuteltava murskauslaite (Metso Outotec, n.d.-b,16)



KUVA 4. Nordberg® C-sarjan™ leukamurskain (Metso Outotec, n.d.-a, 5)

Metso Outotecin palveluvalikoimaan kuuluu niin sanotut elinkaaripalvelut kiviainestuottajille, kaivosyhtiöille ja metallinjalostajille. Niiden tarkoitus on varmistaa huolto, varaosat ja korjaukset koneen koko elinkaaren ajaksi. (Metso Outotec, n.d.-d.)

### 3 3D-MALLINNUS JA SIINÄ KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT

3D-mallinnuksen käyttö teollisuuden suunnittelutyössä on lisääntynyt selvästi, kun tuotannosuunnittelua on pyritty tehostamaan. Aiemmin laajasti käytetyt 2D-ohjelmat ja niiden avulla luodut kuvat eivät mahdollista riittävää tuotannossa käytettävää tietomateriaalia. Niiden avulla ei myöskään ole mahdollista vaivattomasti yhteensovittaa osia tai rakenteita toimivuuden varmistamiseksi. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.) 3D-mallinnuksen avulla erilaisia tuotteita ja kappaleita voidaan suunnitella kolmiulotteisesti siten, että kappale, osat ja kokoonpanot saadaan 3D-kuvissa näyttämään oikeilta aina fyysisiä ja mekaanisia ominaisuuksia myöten. 3D-mallinnus etenee vaiheittain lähtötietojen kartoittamisesta esivalmisteluihin ja aina varsinaiseen mallinnukseen saakka. (Tuhola & Viitanen 2008, 17, 19–20.)

Metso Outotecilla käytetään suunnittelun apuna laajasti Siemens -pohjaisia sovelluksia. Niiden avulla muun muassa suunnitellaan ja mallinnetaan 3D-kappaleita ja kokoonpanoja sekä hallinnoidaan suunniteltuja kuvia ja viedään ne tuotantoon. Käytössä olevia ohjelmia ovat Siemens NX, Teamcenter, NX Technical Data Package (TDP) sekä JT2GO (Siemens, n.d.-d). 2D-kuvien tuotetietopankkina käytetään tällä hetkellä Teamcenteriä sekä Modultek Oy:n Aton PDM -tuotteenhallintajärjestelmää, joka 3D-malleihin siirtymisen myötä tulee jäämään pois käytöstä.

#### 3.1. Siemens NX

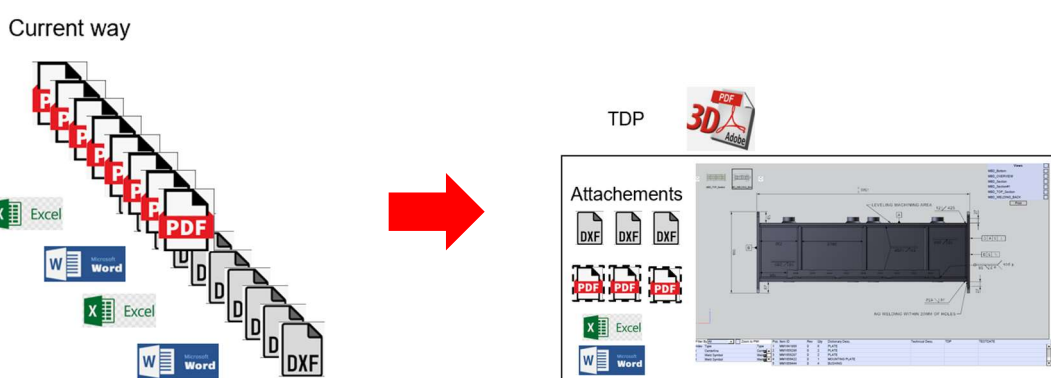
Suunnittelun tärkein työkalu on Siemens NX -ohjelmisto. Ohjelmisto on tehokas, joustava sekä innovatiivinen ja soveltuu hyvin käyttötarkoitukseensa. Siemens NX:llä on mahdollista luoda 3D-kuvia, jotka ajantasaisesti huolehtivat, että suunnitellut kuvat ovat standardien ja vaatimusten mukaisia. Sen avulla suunnittelun virhemarginaali pienenee ja saavutetaan niin kustannus- kuin aikasäästöjä. (Siemens, n.d. -c.)

NX-suunnitelmista voidaan edelleen muodostaa PDF-tiedostoja (KUVA 5), joita pystyy katselemaan Adobe Acrobat Reader - ohjelmalla, jossa kappaletta voi tarkastella 3D-kuvana. Adobe Acrobat Reader-ohjelman etuna on, että se on ilmainen ja toimii kaikissa tietokoneissa eikä vaadi koneelta runsaasti muistia ja tehoa.



KUVA 5. Siemens NX-ohjelmiston avulla 3D-kuvat käännetään PDF-muotoon (Theorem, n.d.)

Yhteen ZIP-pakattuun TDP-tiedostoon (KUVA 6) voidaan laittaa valmistukselle, hankinnalle tai kokoonpanolle tarvittavia tiedostoja, kuten hitsauskuvia, materiaailuetteloita, Excel-taulukoita, videoita, teknisiä tiedotteita ja tarkastusraportteja.

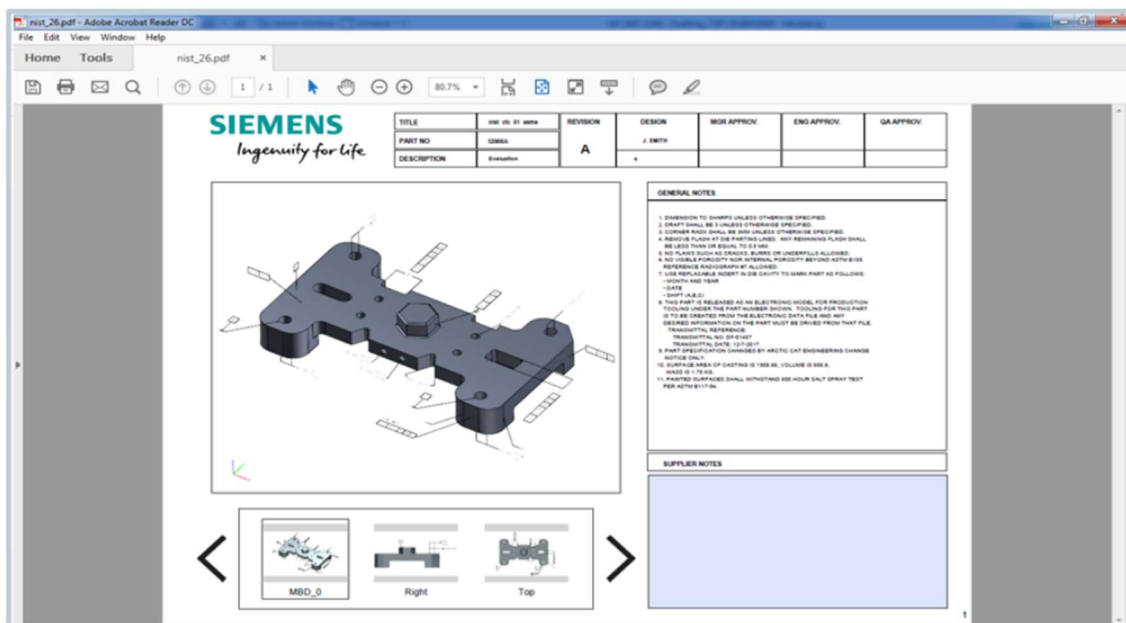


KUVA 6. Useampi tiedosto saadaan pakattua yhdeksi TDP-tiedostoksi (Metso Outotec 2022b)

Siemens NX-ohjelma on ollut jo pitkään käytössä Metso Outotecilla ja nyt sen käyttöä tuotannossa on tarkoitus tehostaa entisestään 3D-mallien myötä ja jättää nyt käytössä oleva 2D-kuvien tuotetietopankkina käytetty Aton-ohjelmisto pois.

### 3.2. NX Technical Data Package (TDP)

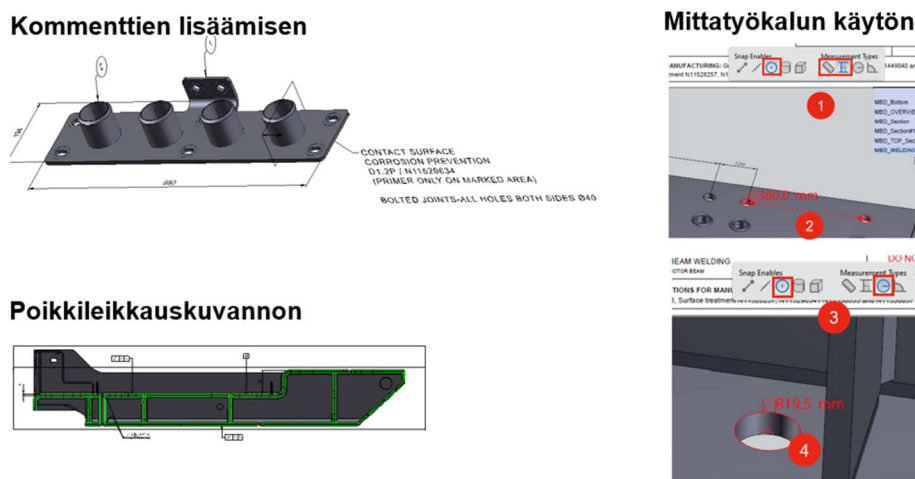
NX Technical Data Package eli TDP on NX-ohjelmistoon täysin integroitu ominaisuus, joka mahdollistaa kaikkien 3D-mallinnusta käytävien suunnittelun, tuotannon ja huollon toimijoiden saumattoman yhteistyön (Siemens, n.d.-b). Tulevaisuudessa on tarkoitus, että Metso Outotecin kokoonpanossa voidaan hyödyntää TDP-tiedostoja työhohjeisiin, jolloin varsinaista 3D-mallia voidaan täydentää lisätiedoilla. Suunnittelu voi lisätä TDP-tiedostoon helposti esimerkiksi momenttiarvoja, kokoonpano nosto-ohjeita tai muita valmistukseen liittyviä huomioita ja huollon on huollon suunnittelun aikana mahdollista lisätä tiedostoon oleellisia säätöarvoja. 3D-PDF-kuvan tuottama lisätietoarvo valmistetavalle koneelle on näin ollen merkittävä (KUVA 7).



KUVA 7. Esimerkki 3D-PDF-kuvan selkeydestä (Siemens, n.d.-b)

TDP-tiedoston sisältävän 3D-PDF-kuvan avulla on myös mahdollista mitata kappaleen eri dimensioita, jotka eivät selviä suoraan valmistuskuvasta, lisätä kommentteja tai tarkastella kappaleen poikkileikkauskuvaa (KUVA 8). Mittaustoiminnosta on hyötyä erityisesti laatutarkastuksen yhteydessä.

## TDP mahdollistaa mm.



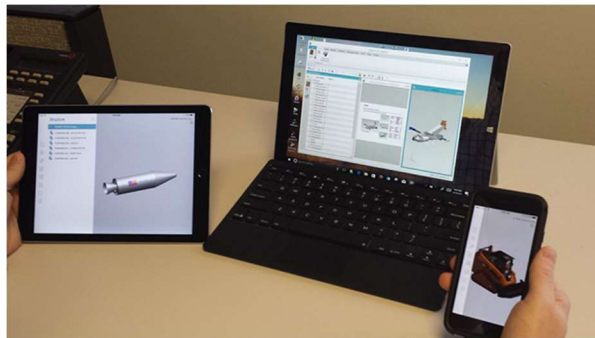
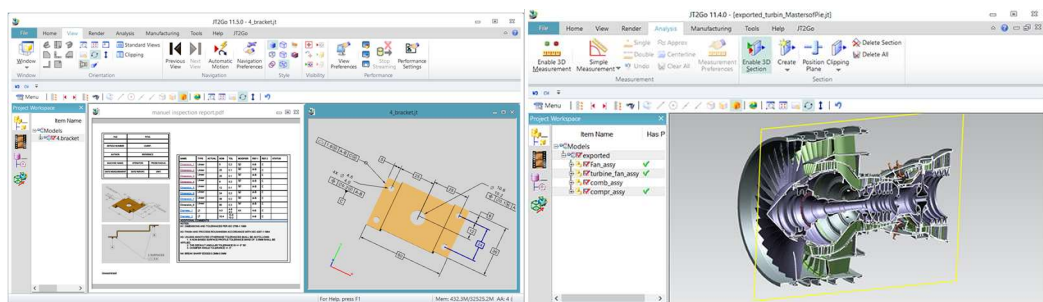
KUVA 8. TDP-tiedostoja voidaan hyödyntää kokoonpanossa usealla eri tavalla (Metso Outotec 2022b)

### 3.3. Teamcenter ja JT2GO

Siemens Teamcenterin avulla luodut dokumentit saadaan kulkemaan sulavasti osana tuotantoprosessia. Osaluettelot, työohjeet, tekniset tiedot ja suunnittelu-muutokset kulkevat sen kautta läpi koko tuotantoprosessin. Teamcenterin avulla vähennetään dokumentaatioon kuluva aikaa ja tehostetaan tuotantokustannuksia (Siemens, n.d.-e).

Metso Outotecilla on käytössä Teamcenter Production Active Workspace. Tämän etuna on erityisesti se, että tuoterakenne on mahdollista avata tarkasteltavaksi missä tahansa, esimerkiksi huoltokohteessa. Teamcenteristä löytyvät ajantasaiset TDP-kuvat ja suunnitellun koneen rakenne.

Suunnittelumallista käännetään 3D-malli Siemens NX-ohjelmistolla. Valmis JT-malli siirretään joko verkkolevyn tai muistitikun avulla tietokoneelle. Mallia voi muun muassa tutkia sekä mitailla ja siitä voi piilottaa osia ja rakenteita JT2GO-ohjelman avulla. JT2GO-ohjelma on ilmainen JT-tietojen katselutyökalu, joka mahdollistaa tietojen tarkastelun lähes kaikissa tilanteissa, esimerkiksi kokoonpanossa ja tuotannossa (KUVA 9). JT2GO:n avulla voi tarkastella etäisyyksiä, erimittoja, kappaleiden muotoja ja sijainteja sekä tuoterakennetta. JT2GO:n avulla käyttäjä voi tarkastella samanaikaisesti useampaa 3D-mallia. (Siemens, n.d.-a.)



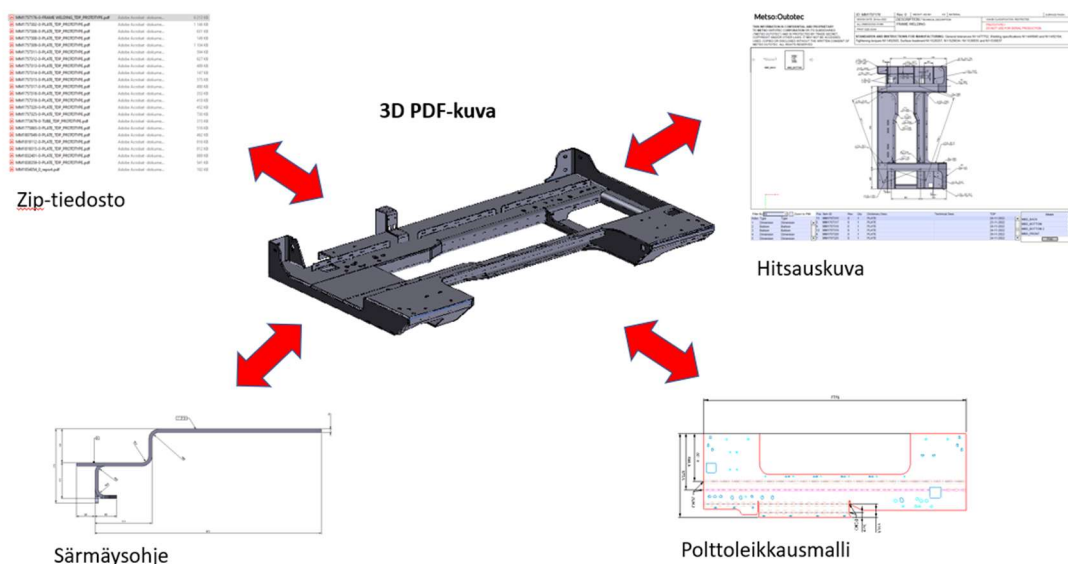
KUVA 9. JT2GO:n eri käyttösovellukset (Siemens, n.d.-a)

## 4 VOIMALAITEMODUULIN RAKENTEEN ANALYSOINTI

Metso Outotecin tuotantoketjua halutaan tehostaa nykyisestään ja yhtenä nopeuttavana tekijänä nähdään se, että suunnitteluvaiheessa on tulevaisuudessa tarkoitus jättää 2D-piirustukset piirtämättä. Tulevaisuudessa kokoonpano toteutetaan pelkästään 3D-mallin avulla. Tuhola ja Viitasen (2008, 20) mukaan 3D-malli on kolmiulotteinen tuote, jonka ominaisuuksiltaan ja ulkonäöltään on tarkoitus vastata lopullista valmistettavaa tuotetta. 3D-mallia voidaan myös tarkastella mallinnusohjelman avulla kolmiulotteisesti.

3D-mallinnuksen avulla eri osien fyysisiä ominaisuuksia on mahdollista tarkastella näytöllä, analysoida kokonaisuuksia ja sovittaa niitä toisiinsa. Jos tässä vaiheessa jo huomataan, että osat eivät toimi keskenään, mahdollistaa 3D-ympäristö muutosten tekemisen vaivattomasti. Muutosten tekeminen päivittää samalla koko rakennetta ja riittää, että ne tehdään vain 3D-ympäristössä. (Tuhola & Viitanen 2008, 33.) 3D-mallinnuksen etuna on mahdollisuus kuvien ja mallien uudelleenhyödyntämiseen. Tieto siirtyy automatisoidusti ja manuaalisen tiedonsiirron tarve järjestelmien välillä poistuu. (Laaksonen ym. 2016, 3.)

Metso Outotecilla ostohankintojen helpottamiseksi osien mallit käännetään 3D-kuviksi TDP:n avulla. TDP:n etuna on se, että se ei vaadi erillistä maksullista sovellusta kuvien avaamiseen, vaan mille tahansa laitteelle ladattava Adobe PDF Reader -sovellus riittää. Yhteen TDP-pakettiin saadaan osan polttoleikkausmallit, materiaaliluettelot, hitsauskuvat ja tärkeimmät mitat (KUVA 10). Myös joitakin kokoonpanokuvia on mallista käännetty 3D-PDF-muotoon, lähinnä kokoonpanon tueksi.



KUVA 10. TDP:n avulla PDF-kuvaan voidaan lisätä kokoonpanoa helpottavia tietoja (Metso Outotec 2022b)

Metso Outotecin Tampereen tehtaan kokoonpanovolyymit ovat vuositasolla 1000 kappaletta murskaus- ja seulantalaitetta (Metso Outotec 2023). Vastaavan kaltaisissa yksiköissä 3D-mallien käyttö on yleistynyt viime vuosina. Laaksosen ym. (2016, 4) julkaisemassa Malliperustaisen tuotemäärittelyn (MBD) mahdollisuudet -raportissa korostetaan kokoonpanojärjestystä suunniteltaessa 3D-mallin sekä tuotetiedon hallintajärjestelmän (PDM, Product Data Management) merkitystä tuoterakenteelle. Huomio ei pidä olla pelkästään asennettävien kappaleiden muodoissa ja massoissa. Metso Outotecilla tuotteiden räätälöintiosuus on suuri ja erityisesti tällaisissa kokoonpanoissa MBD-raportin mukaan malliperustainen lähestymistapa on etu. Tuotteita, malleja ja moduuleita voidaan tällöin kokoonpanossa tai eri asennusvaiheissa varioida helpommin. (Laaksonen ym. 2016, 4.)

2D-kuvien ongelmana on se, että ne vanhenevat helposti ja niiden poistaminen tuotantoprosessista on koettu työlääksi. Malliperustaisen tuotemäärittelyn (MBD) mahdollisuudet -raportissa (Laaksonen ym. 2016, 4) on käsitelty samaa ongelmaa myös tuotesuunnittelijan näkökulmasta, jonka vastuulla on monesti huolehtia tietojen ajantasaisuudesta. Kun 2D-piirustuksiin tehdään muutoksia, on suunnittelijan vastuulla tehdä muutokset jokaiseen käytössä olevaan 2D-piirustukseen ja se vaatii suunnittelijalta erityistä huolellisuutta (Tuhola & Viitanen 2008, 33). Kuvien muuntaminen digitaaliseen muotoon, kuten Metso Outotecin tapauksessa

on tarkoitus tehdä, antaa osittaisen vastauksen ongelmaan ja Teamcenteriin vietyä TDP:n avulla mahdollistetaan se, että tieto pysyy ajantasaisena ja saatavilla kaikille toimijoille.

Tässä projektissa 3D-kuvien avulla on tarkoitus selvittää, miten prosessista selvitään ilman 2D-kuvia. Esimerkkiprojektiksi valikoitui Lokotrackin®-voimalaiteyksikkö.

#### **4.1. Osakokoonpanojen tunnistaminen**

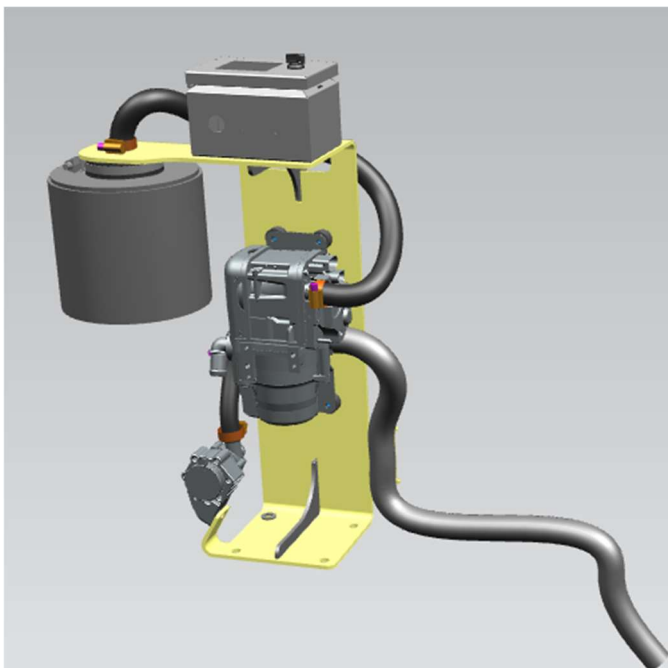
Ennen varsinaisen moottorimoduulin eli voimalaiteyksikön kokoamista on tulevaisuudessa tarkoitus tehdä osakokoonpanoja. Osakokoonpanolla tarkoitetaan jonkin suuremman kokoonpanon itsenäistä osaa (Tuhola & Viitanen 2008, 99). Näiden itsenäisten kokonaisuuksien tarkoituksena on nopeuttaa kokoonpanon läpimenoaikaa, mahdollistaen samalla rinnakkaisen kokoonpanon eri pisteissä.

Voimayksikön kokoaminen tulee jakaa useampaan eri vaiheeseen, koska Metso Outotecilla konetta tehdään linjassa, jossa yksi vaihe saa kestää enintään kahdeksan tuntia. Toisin sanoen kahdeksan tunnin aikana tehdään niin monta asiaa kuin aika mahdollistaa. Osakokoonpanojen tarkoituksena on siirtää työtä pois päälinjalta, jotta tahtiajassa on mahdollista pysyä. Osakokoonpanoja tehdään joko ennen varsinaisen kokoonpanon alkamista tai siten, että erillisessä osakokoonpanosolussa valmistetaan osakokoonpanoa myöhempään tarpeeseen. Tässä työssä tarkastelevassa voimalaitteessa tunnistettiin erillisiä osakokoonpanotarpeita.

##### **4.1.1 Lisälämmitin, generaattori ja muoviovet**

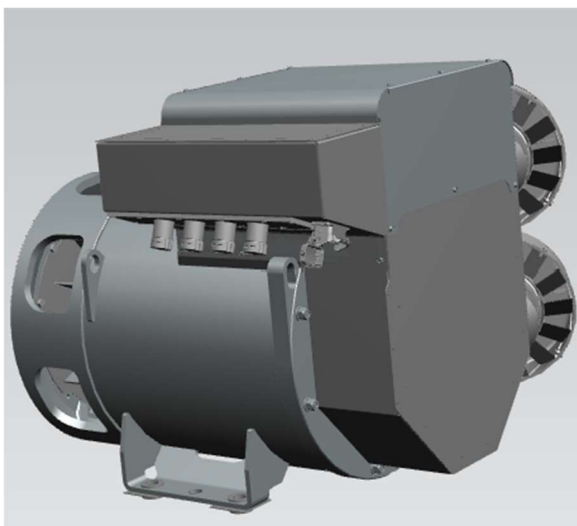
Yksi tunnistetuista tarpeista on polttoainelislämmittimen kokoaminen erilliseen kannattimeen. **Lisälämmitin** (KUVA 11) on kaupallinen komponentti, joka yleisimmallisena sopii moneen eri kohteeseen. Jotta se soveltuisi Metso Outotecin tarpeisiin, tulee se muokata konemallin mukaiseksi. Tätä varten tulee jatkossa tehdä

räätälöity TDP-asennusohje valmistettavaan konemalliin. Lämmitintä voidaan varustella samanaikaisesti muun kokoonpanon rinnalla, koska sitä ei tarvitse asentaa vielä ensimmäisten vaiheiden aikana.



KUVA 11. Lisälämmitin

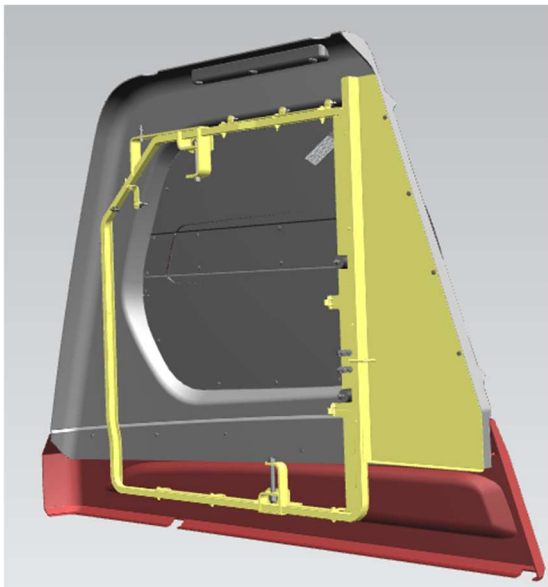
Ennen varsinaisen kokoonpanon alkua, 3D-mallin avulla varustellaan myös **generaattori** (KUVA 12).



KUVA 12. Generaattori

3D-mallista käännetään JT-tiedonsiirtomalliksi vain tarvittavat rakenteet, jolloin mallia on helpompi ja kevyempi käsitellä tuotannossa. Tämän perusteella generaattorista puretaan alkuperäiset suoja pellit, sillä Metso Outotecin konemalleissa niiden tilalle asennetaan omat pellit, joissa on ilmasuodattimen suulakkeet. Omilla ilmasuodattimilla varmistetaan se, ettei tuleva hiekkapöly kulkeudu puhaltimien kautta jäähdytysrimoihin. Samalla generaattoriin voidaan laittaa oma kytkentäkotelo. Sähköjohdot asennetaan generaattorin alkuperäisestä paikasta koteloon, jossa on myös pikaliittimet jatkokytkentöjä varten. Generaattorin nostaminen moottorirungon päälle varustelun jälkeen vaatii nostoapuvälineen, koska alkuperäisen generaattorin nostopisteet eivät ole käytössä.

Voimayksikön molempiin pätyihin tulee **muoviset ovet** (KUVA 13), joissa on erillinen metallinen runko. Näiden esikokoaminen on kannattavaa tehdä irrallaan muusta kokoonpanosta ajansäästön vuoksi sekä muoviosien suojaamiseksi. Toimittaja varustaa muovit valmiiksi inserteillä. Näillä muoviiin saadaan luja metallikierre rungon kiinnityspultteja varten. Kun esikasattuja ovia varustellaan erillisessä osakokoonpanosolussa, tulee oville olla pyörillä liikkuva teline, jolla ne voidaan liikuttaa lähelle voimayksikköä. Ovet asennetaan voimayksikköön kokoonpanon loppuvaiheessa.



KUVA 13. Muoviset ovet

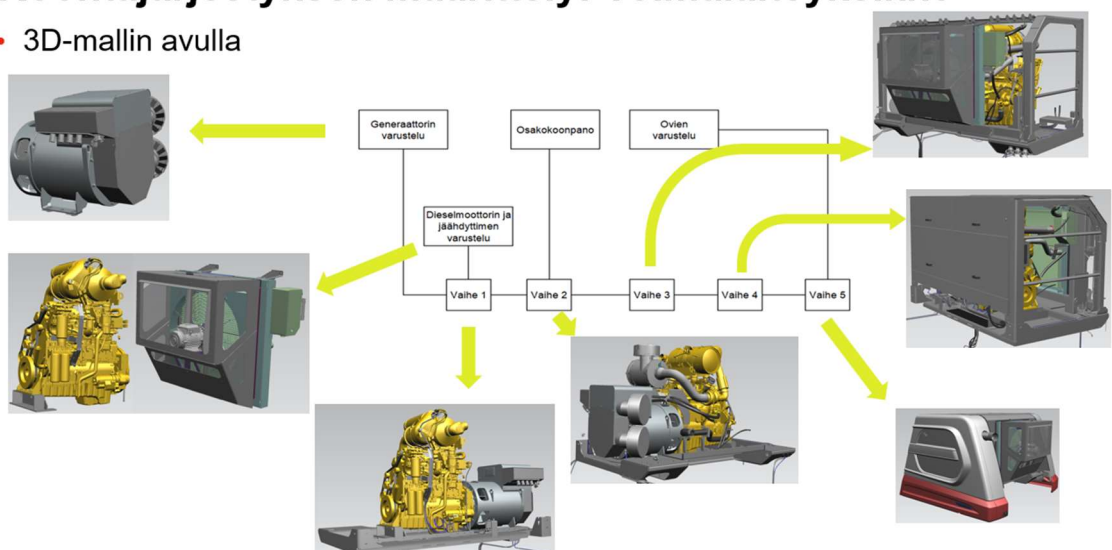
## 4.2. Kokoonpanojärjestyksen määrittely

Kokoonpanojärjestyksen eli vaiheistuksen etukäteissuunnittelu onnistuu helpommin 3D-mallia hyödyntäen kuin 2D-paperikuvien perusteella. Tuotannollisessa kokoonpanossa käytettäviä osia joudutaan usein muokkaamaan ja sovittamaan esimerkiksi säätämällä mittoja ja osien piirteitä tai muuttamalla kappaleen asentoa. Alkuvaiheessa on hyvä myös hahmottaa se, miten kappale tai osa liitetään seuraavaan kappaleeseen tai osaan. (Tuhola & Viitanen 2008, 107, 135.)

Tämän projektin alkuvaiheessa, ennen varsinaisen kokoonpanon aloitusta, pidettiin 3D-katselmuksia niiden asentajien kanssa, jotka tulevat osallistumaan varsinaiseen kokoonpanoon. Osallistamalla asentajia jo projektin alussa saatiin arvokasta käytännön näkemystä sekä asentajat saivat mahdollisuuden jo varhaisessa vaiheessa tutustua uuteen malliin. Mallin perusteella oli mahdollista tehdä karkea jako siitä, mitä osia laitetaan kiinni milläkin vaiheella. Lisäämällä osia vaiheittain malliin, huomattiin jo hyvissä ajoin, että joihinkin osiin tulee tehdä muutoksia, jotta niiden kiinnityspultit voidaan kiristää koneellisesti. Nämä tiedot kirjattiin ylös ja jatkossa mahdolliset muutkin huomiot kirjataan suunnittelulle erilliselle muutospyyntölistalle. Kokoonpanojärjestys jaetaan vaiheisiin, joita ovat varustelu sekä vaiheet 1-5 (KUVA 14).

### Koontajärjestyksen määrittely: Voimalaiteyksikkö

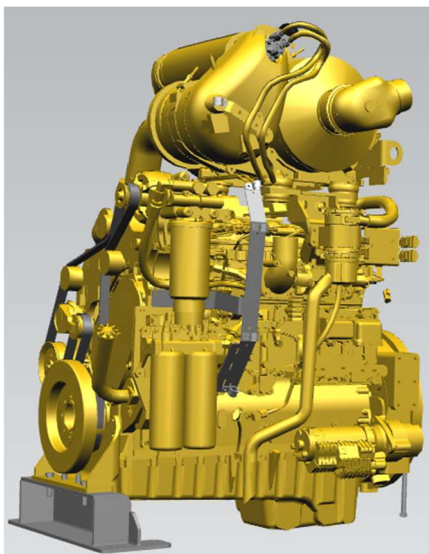
- 3D-mallin avulla



KUVA 14. Voimalaiteyksikön prosessikaavio (Voimalaiteyksikön kuvat Metso Outotec 2022b)

#### 4.2.1 Varustelu

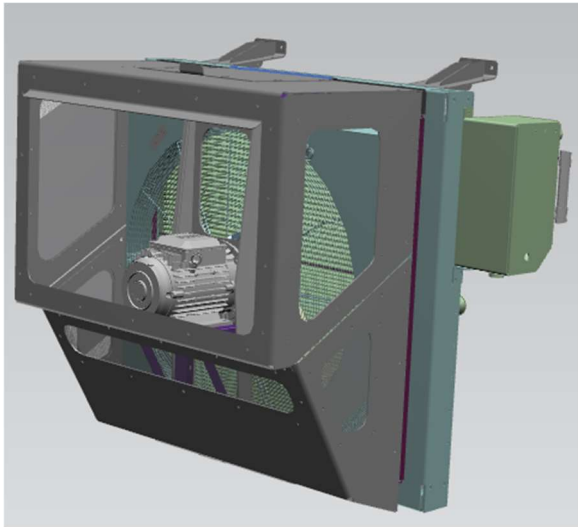
**Varusteluvaiheessa** tarvitaan **dieselmoottori** (KUVA 15) ja kaikki siihen kiinnitettävä, esimerkiksi optiona kiinnitettävä lohkolämmitin. Nämä tekniset tiedot saadaan 3D-kuvista asentajille, joilla on mahdollisuus tarkastella kuvaa tarkemmin esimerkiksi tarkentamalla tai kääntämällä kappaletta katseluohjelman avulla. Varustelua varten dieselmoottori nostetaan sitä varten teetettyyn varustelutelineeseen, jolloin moottori saadaan paremmalle työskentelykorkeudelle. Dieselmoottoriin asennetaan ”tunkkipultit”, jotka helpottavat asennusta runkoon. Niiden tehtävänä on kannatella ja pitää suorassa dieselmoottorin takapäätä generaattorin asennuksen ajan. Tunkkipultit ruuvataan dieselmoottorin sisään generaattorin asennuksen jälkeen. Myöhemmässä vaiheessa, jos generaattori irrotetaan korjauksen yhteydessä, tunkkipultteja voidaan hyödyntää ja huolto pystyy tarkastelemaan 3D-kuvien avulla niiden sijainnit. Tässä yhteydessä myös varastoöljyt tyhjätyään dieselmoottorista ja asennetaan muun muassa laturin ja urealaitteiston sähköjohtoja.



KUVA 15. Dieselmoottori

Toinen selkeä varustelukohde on **jäähdytin** (KUVA 16). Jäähdytin nostetaan pakkauslavalta telineeseen, jossa se on pystyasennossa. Telineessä jäähdyttimen yläreunaan voidaan kiinnittää kaksi kappaletta tukia, joilla se asennettaessa tuetaan paikalleen yläkohdasta. Myös jäähdyttimen suoja pellit (kaksi kappaletta)

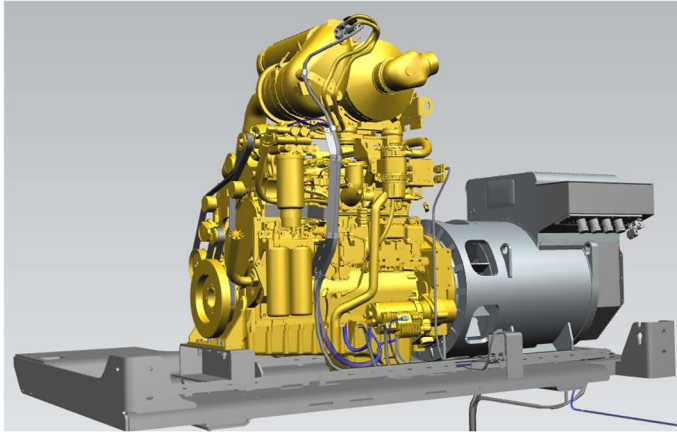
kiinnitetään valmiiksi. Tässä vaiheessa on mahdollista kytkeä myös valmisjohtosarja tuulettimen moottoriin. Kaapelisarjan toisessa päässä oleva pistoke kiinnitetään asennettuihin suojaletteihin.



KUVA 16. Jäähdytin

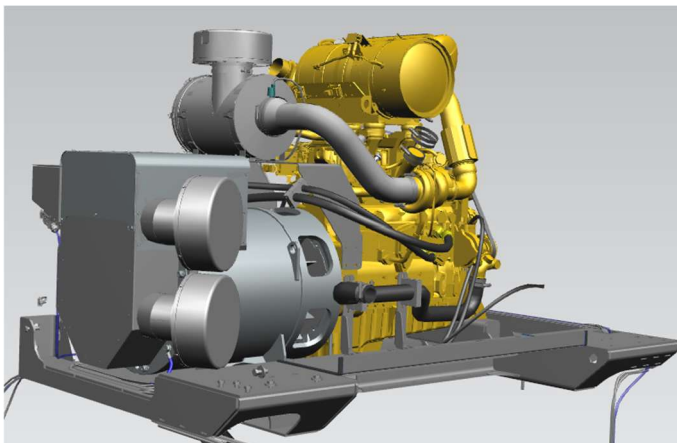
#### 4.2.2 Vaiheet 1-5

**Ensimmäisellä vaiheella** (KUVA 17), samanaikaisesti varusteluvaiheen kanssa, mutta fyysisesti jo seuraavassa kokoonpanoruudussa, toinen asentajaparista voi asentaa moottorin rungon alle liikutusta helpottavat tuet. Tukien avulla valmista voimayksikköä voidaan kuljettaa trukilla ja saada moottorirunkoa nostettua ylöspäin, asennuksen helpottamiseksi. Moottorirunkoon voidaan 3D-kuvien perusteella ensin asentaa sulakerasioita, relerasioita ja sähköjohtoja niille määritettyihin paikkoihin. 3D-kuvat mahdollistavat sähköreittien helpon seuraamisen. Seuraavaksi esivarusteltu dieselmoottori nostetaan rungon päälle. Tämän jälkeen esivarusteltu generaattori asennetaan dieselmoottoriin kiinni ja kiinnitetään koko paketti moottorirunkoon. Asennettaessa generaattoria runkoon käytetään välissä tarvittava määrä shim-levyjä. Näiden avulla varmistetaan generaattorin ja dieselmoottorin yhdensuuntaisuus ennen kiristystä.



KUVA 17. Ensimmäinen vaihe

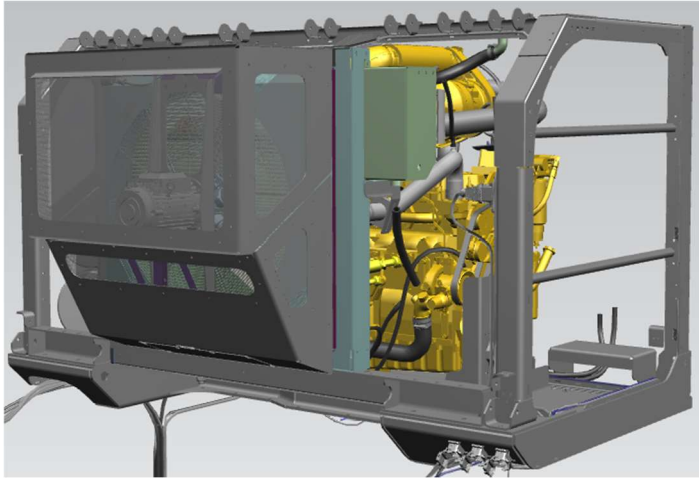
**Vaiheella kaksi** (KUVA 18) dieselmoottorin kylkeen, turbon puolelle, kiinnitetään kaikki mahdollinen, ennen kuin seuraavalla vaiheella eteen nostettava jäähdytin hankaloittaa työn suorittamista kyseisellä alueella. 3D-mallin avulla on selkeästi nähtävissä kiinnitettävät osat. Kiinnitettäviä osia ovat ilmansuodattimen rauta ja rautaan asennettavat kaapelisarjat, jäähdyttimen alavesiletkut sekä polttoaine- ja öljyiletkut. Myös ilmansuodatin imuletkuineen voidaan asentaa paikalleen. Lisäksi asennetaan jäähdyttimen alapalkki, kehikon päädyt ja yläreunaan päätyjen väliin saranapalkki. 3D-mallin perusteella on monesta eri alikokoonpanosta helppo nähdä tarvittavat osat, kun 2D-kuvia käytettäessä sama asia olisi koottava useasta eri kuvasta.



KUVA 18. Vaihe kaksi

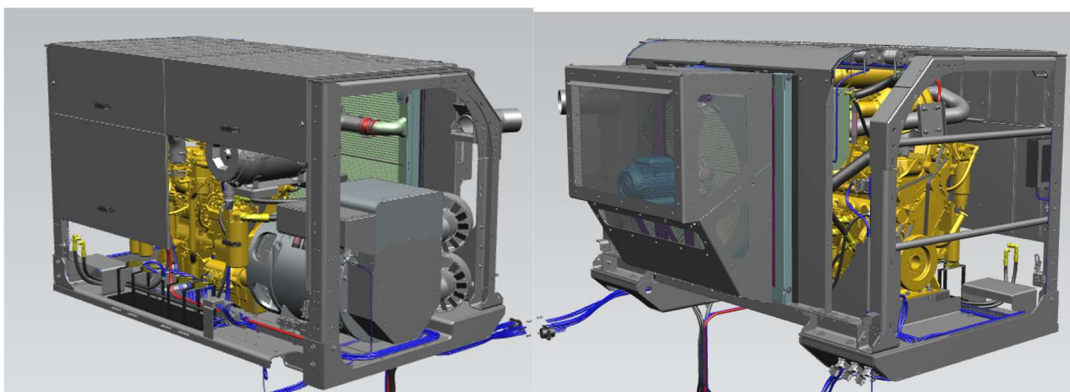
**Kolmannella vaiheella** (KUVA 19) asennetaan paikalleen pakoputki ja ahtoputki sekä pohjapellit. Tämän jälkeen esivarusteltu jäähdytin voidaan kiinnittää paikalleen. Tässä vaiheessa suurin osa jäähdyttimen taakse jäävistä liitoksista on jo tehty ja loput putket voidaan kytkeä jäähdyttimeen. Lopuksi lisätään kannattimia

paikalleen, esimerkiksi taajuusmuuntajan kannatin. 3D-mallissa kappaletta voidaan pyörittää ja sen avulla selviää helposti esimerkiksi kuvasta kiinnitysosia napsauttamalla niiden malli ja koko.



KUVA 19. Vaihe kolme

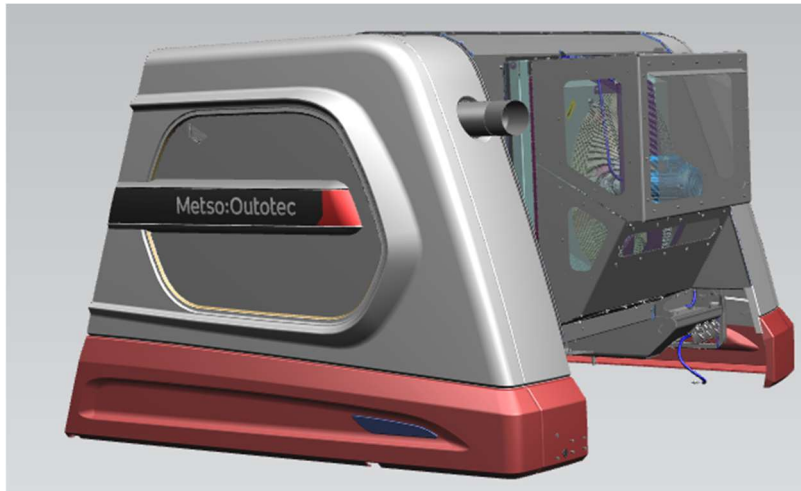
**Vaiheella neljä** (KUVA 20) asennetaan paikoilleen voimalaitteen kattopelti saranoinneen, jonka jälkeen kattoon kiinnitetään sivuovet. Oven alapelti säädetään asennettaessa. Tällä hetkellä 3D-kuvat eivät sisällä informaatiota säädöistä, mutta tulevaisuudessa tuotannon on mahdollista muodostaa TDP-kuvat, joista selviäisi myös säätötoleranssit. Tämän jälkeen jäähdytintä vuorataan suojailevyillä ja asennetaan uloimmat muovisuojat, jolloin saadaan asennettua päävirtakytkin ja mahdollinen lohkolämmittimen pistoke muovisuojaan.



KUVA 20. Vaihe neljä

**Viidennellä vaiheella** (KUVA 21) asennetaan kuminen katon saranan suojailevy. Tämän jälkeen kiinnitetään esivarustellut ovet rungon molempiin pätyihin sekä niihin liittyvät lukot. Lopuksi ovet säädetään. Myös tässä vaiheessa TDP-kuvien

säätöarvoja voitaisiin jatkossa hyödyntää tehokkaammin. Tällä vaiheella asennetaan akut ja vedetään loput sähkösarjoista paikalleen 3D-kuvien mukaisesti.



KUVA 21. Vaihe viisi

Lopuksi tehdään mahdollisia sähkötestejä ja tarkastuksia. Voimayksikön kehikon yläkulmiin asennetaan neljä kappaletta M16 -kierteellä varustettua pyörivää sanka-silmukanostoruuvia, joiden avulla voimayksikkö nostetaan nostopalkilla loppukokoonpanossa Lokotrack®-murskaimen päälle. Tämän jälkeen voimayksikkö on valmis siirrettäväksi loppukokoonpanoon Lokotrack®-murskaimen viereen, odottamaan paikalleen nostoa.

### 4.3. Työkalujen, telineiden yms. tunnistaminen

3D-kuvien avulla valmistettavaan voimalaiteyksikköön voidaan suunnitella erilaisia apuvälineitä asennuksen tueksi. Näiden avulla lisätään merkittävästi työturvallisuutta sekä työergonomiaa. Nyt projektissa tarkasteltavan ensimmäisen prototyypin perusteella ei telineitä ja apuvälineitä kannata kuitenkaan tehdä. Jotta teline sopisi kaikkien varioitujen nimikkeiden kanssa, tulee tutkia laajemmalti eri tarpeita.

Yksi jo tunnistetuista tarpeista on **dieselmoottorin varusteluteline**. Telineen avulla on mahdollista helpottaa työergonomiaa, koska tällöin dieselmoottori voidaan varustella seisoma-asennossa. Työergonomiaa parantamalla estetään asentajan raajojen kuormittaminen tarpeettoman monimutkaisilla työasunnoilla.

Toinen tunnistettu tarve on **jäähdyttimen varusteluteline**, jonka avulla jäähdytin saadaan kuljetusasennosta pystyasentoon ja helpotetaan suojiin asentamista etukäteen jäähdyttimeen. Myös **generaattorin nostoapuväline** mahdollistaisi varustellun generaattorin nostamisen paikalleen vakionostokohtien jäädessä peltien taakse. Projektin tässä vaiheessa tarpeelliseksi koetaan myös **päätyovien varustelu/kuljetusteline**, joka mahdollistaisi rungon asentamisen muoviin ilman naarmuuntumispelkoa. Tämän telineen avulla myös oviin päästään asentamaan valot paikalleen. Tämän vaiheen jälkeen jatkossa, ennen paikalleen asennusta, moottorimoduuli on tarkoitus esitellä sähköisesti ja määrittellä sille tarpeelliset säädöt.

## 5 3D-MALLINNUKSEN KÄYTTÖNOTON HAASTEET

Vakiintuneista työtavoista uudenslaisiin siirtyminen vie isoissa organisaatioissa paljon aikaa. Se vaatii myös erilaista joustavuutta eri toimijoilta, koska 3D-mallinnukseen siirtyminen edellyttää uusia työtapoja, taitoja ja työkaluja, kuten sovelluksia. Koko tuotantoketju on koulutettava uusiin ohjelmiin ja toimintatapoihin. Tiedonhallinta muuttuu radikaalisti piirustuskuvienv poistuessa ja konkreettisesti käsiteltävien papereiden muuttuessa digitaalisiksi tiedostoiksi. Ostajien ja suunnittelun tulee jatkossa kyetä lukemaan uusia piirustuksia ja tekemään niihin tarvittavia lisämerkintöjä ja ohjeita. Myös tuotannolle asetetaan uusia haasteita, kun tulevaisuudessa heistä tulee olennainen tekijä kuvien ajan tasalla pysymisessä. (Henell ym. 2021, 9.)

Metso Outotecilla 3D-mallin käyttöön siirtymisen haasteena on uusiin ohjelmiin perehtymisen tarve ja koko henkilöstön koulutus. Jotta 3D-mallia ja TDP-kuvia voidaan hyödyntää tehokkaasti, tulee asentajille hankkia riittävän kokoiset näytöt, joilla kuvia voidaan tarkastella. Optimitalanteessa näyttöjä tässä käytössä tulee olemaan kaksi; toisessa koottavan mallin 3D-kuva ja toisessa mallin rakennepuu. Tällä mahdollistetaan riittävän iso näkymä asentajien käyttöön. Tämän prototyyppi-projektin alkuvaiheessa, toimintamallien ongelmien selvittämisen avuksi, asentajille ja suunnittelulle perustettiin yhteinen Teams-alusta. Sen avulla asentajilla on ollut mahdollisuus tiedustella lisätietoja suunnittelijoilta ja suunnittelijoilla on ollut väline saada arvokasta palautetta asentajilta. Tulevaisuudessa myös muutospyyntöt tehdään Teamcenterin työkalujen avulla 3D-mallia ja 3D-kuvia apuna käyttäen. Yhtenä 3D-kuvien käyttönoton haasteena on myös Metso Outotecin runsas alihankkijoiden määrä, joilla ei ole kokemusta TDP-kuvien käytöstä. Tämän vuoksi myös heitä tulee kouluttaa ennen kuin 3D-kuvia voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Teknisenä haasteena on TDP-kuvien tulosteiden koko, toisin sanoen kuva itsessään tulostuu liian pienenä. Tämä ongelma esiintyy erityisesti hitsausvaiheessa, koska hitsareilla ei ole mahdollisuutta ottaa näyttöä työpisteelle, vaan TDP-kuvat tulostetaan paperille.

## 6 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tarkastella, voidaanko 3D-mallin avulla tehostaa koneiden kokoonpanoa sekä luopua 2D-kuvien käytöstä. Tätä lähestyttiin analysoimalla voimalaitemoduulin kokoonpano 3D-mallin avulla. Tehdyn voimalaitemoduulin kokoonpanoanalyysin perusteella 3D-mallin avulla on mahdollista saada valmistettavasta kokoonpanosta selkeämpi kokonaiskuva kuin nyt käytössä olevista 2D-kuvista. Erilaisten työtä helpottavien avaintietojen ajantasainen lisääminen 3D-PDF-kuviin mahdollistuu. Tämä helpottaa kokoonpanosuunnittelua ja nopeuttaa siten koko valmistusprosessia. Metso Outotecilla 3D-mallien käyttöönotto tulee onnistuessaan nopeuttamaan tuotteiden valmistusprosessia kokonaisuudessaan ja jättämään turhat työvaiheet pois. 3D-mallin käyttö antaa suunnittelulle enemmän mahdollisuuksia kokeilla eri yhdistelmiä ja muokata suunnitelmia helposti ja nopeasti. Ajantasaiset muutokset välittyvät suunnittelijoille ja tuotannon eri vaiheille koko kokoonpanon ajan ja ylimääräiset korjaus- tai muutostarpeet poistuvat. Tuotannossa aikaa vievien paperikansioiden päivittäminen korvataan digitaalisilla päivityksillä.

Projektin haasteena on tähän saakka ollut se, että prototyypivaiheessa malli elää ja muutosten saattaminen ajantasaisesti tuotannossa käytössä olevaan JT-malliin ei aina toteudu. Sen vuoksi suunnittelurakenteesta tuotantoon käännetty ensimmäinen JT-malli, joka toimi ensimmäisen prototyypin kokoonpano-ohjeena, ei vielä sisältänyt kaikkea. Näin ollen myöskään 3D-malli ei vielä sisältänyt kaikkia lopullisia kokoonpanoja. Projektiaikataulun muutokset ovat omalta osaltaan hidastaneet osien hankintaa, jonka vuoksi voimalaitemoduulin kokoonpanoaikataulua ja esisuunnitelman mukaista kokoonpanojärjestystä on ollut tarve muokata.

Isossa organisaatiossa uusien menetelmien käyttöönottoaminen on moniportainen prosessi ja vie normaalitilanteessa aina enemmän aikaa kuin kenties pienemmässä tuotantoyksikössä ja sen vuoksi projektin selkeä aikataulutuksen ehdottoman tärkeää ajankäytön optimoimiseksi. Opinnäytetyön kannalta projektin aikataulutuksen haasteellisuuden vuoksi osa työhön alun perin suunnitelluista

osioista jätettiin pois. Projekti jatkuu kuitenkin edelleen ja siitä tullaan pitämään erillistä kirjapitoa tämän opinnäytetyön lisäksi.

Tästä työstä saatuja oppeja ja havaintoja hyödynnetään myös Metso Outotecin tulevissa projekteissa siirryttäessä vaiheittain kohti 3D-mallin laajempaa käyttöä. 3D-mallit on edelleen tarkoitus ottaa laajamittaisempaan käyttöön alkuperäisen aikataulun mukaisesti vuoden 2024 aikana.

## LÄHTEET

Henell, A., Hinkkanen, M., Kellokoski, M., Kähäri, M., Laaksonen, T., Nieminen, J., Pulkkinen, A., Rapinoja, J.P., Simons, J. & Uski, P. 2021. Opastusta malli-pohjaisen tuotemäärittelyn (MBD) käyttöönottoon. METSTA ry.

Hulkko, K. 2010. Metallinsinöörien maailmanvalloitus – Outotec on Suomen paras kasvuyritys. Viitattu 5.3.2023. <https://suomenkuvalehti.fi/politiikka-ja-talous/metalli-insinöorien-maailmanvalloitus-outotec-on-suomen-paras-kasvuyritys/>. Suomen Kuvalehti

Laaksonen, T., Nieminen, J., Pulkkinen, A., Rapinoja, J., Simons, J., Uski, P., Salmi, H. & Vainionpää, M. 2016. Mallisperustaisen tuotemäärittelyn (MBD) mahdollisuudet. Viitattu 12.2.2023. <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/08/MBD-raportti-2016.pdf>. METSTA ry.

Metso Outotec. n.d.-a. Brochure: Nordberg® C Series™ jaw crushers. Viitattu 4.3.2023. <https://www.mogroup.com/portfolio/nordberg-c-series/nordberg-c106/>

Metso Outotec. n.d.-b. Esite Metso Outotec Lokotrack® -Liikuteltavat murskaus- ja seulontalaitteet. Viitattu 4.3.2023. <https://www.mogroup.com/fi/kiviai-nesala/tuotteet/lokotrack/>

Metso Outotec. n.d.-c. Lokotrack® LT-sarjan mobiilimurskaimet. Viitattu 5.2.2023. <https://www.mogroup.com/fi/portfolio/lokotrack-lt-sarja/>

Metso Outotec. 2019. Metson McCloskey yrityskauppa päätökseen. Pörssitiedote. 2.10.2019. Viitattu 5.2.2023. <https://www.valmet.com/fi/media/uutiset/nelles-news-archive/metson-mccloskey-yrityskauppa-paatokseen/>

Metso Outotec. n.d.-d. Palvelut. Viitattu 5.2.2023. <https://www.mogroup.com/fi/tuotteet-ja-palvelut/palvelut/>

Metso Outotec. 2022a. Sijoittajaesitys. Joulukuu 2022. Viitattu 5.2.2023. <https://www.mogroup.com/globalassets/investors/reports/2022/investor-presentation-december-2022.pdf>

Metso Outotec. 2023. Metso Outotec Tampereen toiminnot 2023. Viitattu 10.4.2023. Sisäinen tiedote.

Metso Outotec. 2022b. TDP Technical Data Package. Adobe Acrobat Reader. Viitattu 9.3.2023. Sisäinen koulutusmateriaali.

Pörssitieto. Poistuneet pörssiyritykset. Viitattu 5.2.2023. <https://www.porssitieto.fi/kuvat/lokomo7.jpg>

Siemens. n.d.-a. JT2GO. Viitattu 5.3.2023. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/plm-components/jt2go.html>

Siemens. n.d.-b. Model Based Definition: Technical Data Package. Viitattu 4.3.2023. <https://community.sw.siemens.com/s/article/model-based-definition-technical-data-package>

Siemens. n.d.-c. NX. Viitattu 5.3.2023. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>

Siemens. n.d.-d. Product Lines. Viitattu 5.3.2023. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/>

Siemens. n.d.-e. Teamcenter. Viitattu 5.3.2023. <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/solutions/document-management/>

Theorem. n.d. Guide to 3D PDF. Viitattu 9.3.2023. <https://www.theorem.com/3dpdf/supported-cad-formats>

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere. Tammertekniikka.

Törmä, M. 2015. Lokomo. 100 vuotta konepaja- ja terästeollisuutta. Tampere. Metso Minerals Oy.