



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joona Ristimäki

# AUTOMAATIO-OSAKOKOONPANON 3D-OHJEISTUS JA KEHITYS

Tekniikka  
2020

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joona Ristimäki
Opinnäytetyön nimi	Automaatio-osakokoonpanon 3D-ohjeistus ja kehitys
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	33
Ohjaaja	Timo Rinne

---

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n New Product Introduction-osaston kanssa. Työn tarkoituksena oli tehdä selkeä nykyaikainen työohje automaatio-osakokoonpanoon. Automaatio-osakokoonpano on uusi käytäntö eikä siihen ole vielä valmista työohjetta. Työohje osakokoonpanolle päätettiin tehdä käyttämällä Cortona 3D:tä, jonka avulla pystytään luomaan interaktiivisia 3D-ohjeita. Ongelma-kohtia työohjeen rakentamisessa oli ohjeen koko, muuttuvat designit ja eri moottorimallit.

Tutkimuksen teoreettinen osa käsittelee automaatio-osakokoonpanon kehitystä ja rakennusprosessia, työohjeeseen käytettyä ohjelmistoa ja ratkaisuja ohjeen aloituksessa sekä kehittämisessä.

Työohjeen kanssa havaittiin ongelmaksi, miten ohjeessa tulisi esittää kaikki eri mahdolliset moottorimallit, koot ja designmuutokset. Työohjeen kehittyessä myös ohjeen koko koitui ongelmaksi, ohjeen interaktiivisuuden vuoksi. Tultiin päätökseen, että ohjeita tehdään vain yksi sen sijasta, että jokaiselle moottorimallille on oma ohjeensa. Ohjeessa osoitetaan kommenttien avulla moottorimallien erot asentajille. Työohje parantaa automaatio-osakokoonpanon turvallisuutta ja laatua. Ohje julkaistaan pilotkokoonpanon käyttöön.

## ABSTRACT

Author	Joona Ristimäki
Title	Automation subassembly 3D instruction and development
Year	2020
Language	Finnish
Pages	33
Name of Supervisor	Timo Rinne

---

The thesis was done in cooperation with Wärtsilä Finland Oy's new product introduction-department. The purpose of the thesis is to make a clear modern work instruction for the automation subassembly. The Automation subassembly is a brand-new practice and there are no complete work instructions yet. The tool chosen to make the work instruction was Cortona 3D, which can be used to create interactive 3D instructions. Problem areas found in the making of the work instruction were the size of the instruction, changing designs, and different engine models.

The theoretical part of the study deals with the development and building process of the automation subassembly, the used software and solutions for the work instruction at the beginning and during development of the instruction.

Problems found with the instruction were how should the different engine models, sizes and design changes to be presented. As the work instructions developed, the size of the instructions also became a problem in terms of the interactivity of the instructions. It was decided that only one instruction would be made instead of each engine model having its own instruction. Comments are used to show the differences between the engine models to the technicians. The instruction will improve the automation subassembly's safety and quality. The Work instruction will be published to the pilotassembly's use.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYS.....	9
	2.1 Historia.....	9
	2.2 Nykyhetki.....	10
	2.2.1 Marine.....	10
	2.2.2 Energy.....	11
	2.2.3 Service.....	11
3	MOOTTORIT.....	12
	3.1 Luokittelu.....	12
	3.2 Tuotteet.....	13
4	TUOTANTOLINJAT.....	14
	4.1 Pilotkoonpano.....	14
	4.2 Linjakoonpano.....	14
5	CORTONA 3D RAPIDAUTOR.....	15
	5.1 RapidManual.....	15
	5.2 RapidCatalog.....	15
	5.3 RapidLearning.....	16
	5.4 RapidWorkInstruction.....	16
	5.5 RapidText.....	16
	5.6 RapidIllustrator.....	16
	5.7 Cortona2D Editor Pro.....	17
6	W31 AUTOMAATIO-OSAKOKOONPANO.....	18
	6.1 Kehitys.....	18

6.2	Rakennusprosessi.....	19
6.3	Aktiviteetit .....	19
7	3D-TYÖOHJE.....	21
7.1	Haasteet.....	22
7.2	Eri moottorivariaatiot.....	24
7.3	Palaute.....	25
7.4	Ohjelmointi .....	27
8	LOPPUTULOS.....	32
	LÄHTEET.....	33

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Kuvituskuva Vaskiluotoon rakennettavasta Smart Technology Hubista. .....	10
<b>Kuva 2.</b> Wärtsilä 34DF-rivimoottori.....	12
<b>Kuva 3.</b> Wärtsilä 31-moottori.....	13
<b>Kuva 4.</b> Automaation osakokoonpano (Salattu).....	18
<b>Kuva 5.</b> Automaation osakokoonpano (Salattu).....	18
<b>Kuva 6.</b> Sähkökeskuksen asennusalusta (Salattu). ....	19
<b>Kuva 7.</b> Automaatio-osakokoonpanon aktiviteetit.....	20
<b>Kuva 8.</b> Aktiviteetit Cortona 3D:ssä. ....	21
<b>Kuva 9.</b> Esimerkki alkuperäisen JT-mallin sisältämistä kommenteista.....	23
<b>Kuva 10.</b> Esimerkki työhjeessä näkyvistä kommenteista.....	24
<b>Kuva 11.</b> Sivuluukkujen tukien kohdistus.....	26
<b>Kuva 12.</b> Alkuperäinen JT-malli sähkösivuluukusta.....	27
<b>Kuva 13.</b> Jigi (Salattu).....	27
<b>Kuva 14.</b> Valmis osakokoonpano Cortona 3D:ssä (Salattu). ....	27
<b>Kuva 15.</b> Animaatioita sisältävät aktiviteetit.....	28
<b>Kuva 16.</b> Valintaikkuna eri animaatioiden luonnille.....	29
<b>Kuva 17.</b> Animaation ominaisuuksien muokkaus.....	30
<b>Kuva 18.</b> Ruuvien vilkutus keltaisena ennen liikkumista kierteisiin. ....	30
<b>Kuva 19.</b> Aikajanatyökalu.....	31

**KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT**

<b>W31</b>	Wärtsilä 31-moottori, jonka sylinterihalkaisija on 31 cm.
<b>JIGI</b>	Rakennelma, jonka päälle osakokoonpano rakennetaan.
<b>SG</b>	Moottori, jonka sytytys tapahtuu sytytystulpilla.
<b>DF</b>	Moottori, jonka sytytys tapahtuu pilotpolttoaineella ja voidaan ajaa kaasun lisäksi myös polttoöljyllä.
<b>GD</b>	Vanhempi kaasumoottorimalli, jossa kaasu joudutaan paineistamaan ennen sylinteriä.
<b>HTML</b>	Hypertext markup language, kieli, jolla internetsivut kirjoitetaan.
<b>DCV</b>	Delivery Centre Vaasa. Vaasan toimitusyksikkö.
<b>CAD</b>	Tietokoneavusteinen suunnittelu, käytetään useasti apuvälineenä suunnittelutyössä.
<b>ISO</b>	Kansainvälinen standardisointijärjestö.
<b>JT</b>	ISO-standardoitu 3D-dataformaatti.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä kehitetään ja tehdään 3D-työohje Wärtsilässä uuteen automaatio-osakokoonpanoon, jonka tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa moottoreiden automaation rakentamista. Automaation-osakokoonpano on uusi käytäntö, missä on paljon kehitettävää ja opinnäytetyössä keskitytään erityisesti selkeän työohjeen tekemiseen asentajille.

Tavoitteena on luoda selkeä ja interaktiivinen 3D-ohjeistus, jonka avulla asentajien on helppo oppia uusi käytäntö. Työohje parantaa osakokoonpanon turvallisuutta ja prosessissa välttää helpommin virheitä.

Työohje tehtiin käyttämällä Cortona 3D-ohjelmaa, jota on Wärtsilässä käytetty aikaisemmin simulaatioiden tekemiseen. Ohjeen kehittyessä palautetta ja parannusehdotuksia haettiin esimiehiltä sekä asentajilta. Tuloksena saatiin uusi moderni työohje, joka selkeyttää automaatio-osakokoonpanon työvaiheita.



## 2 YRITYS

”Wärtsilä on kansainvälisesti johtava älykkään teknologian ja kokonaislinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla”. Wärtsilä pyrkii maksimoimaan voimalaitosten ja alusten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä kestäviin innovaatioihin, data-analyysiin ja kokonaisyötysuhteeseen. /1/

### 2.1 Historia

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834 kylään nimeltä Tohmajärvi. Tällöin yritys toimi sahana, mutta vuonna 1851 rinnalle tuli myös rautaruukki. Wärtsilän oma moottorituotanto alkoi vasta vuonna 1959, jolloin Wärtsilä tuotti ensimmäinen dieselmoottorinsa Vaasassa. /2/

Vuonna 1978 Wärtsilä hankki 51 % NOHAB diesel-liiketoiminnasta Boforsista, Ruotsista, mikä aloitti Wärtsilän maailmanlaajuisen liiketoiminnan. Vuonna 1990 Wärtsilä yhdistyy Lohjan kanssa ja nimeksi tulee Metra Oy Ab. Metra on teollisuusyhtiö, joka keskittyy rakennustoimintaan sekä dieselmoottoriliiketoimintaan. Vuonna 1997 Wärtsilä Diesel yhdistyy New Sulzer ja Diesel Ricerchen kanssa. /2/

Vuonna 2008 Wärtsilän huolto-osasto avataan ja 2009 Wärtsilälle tunnustetaan paikka maailman sadan parhaimman kestävän kehityksen yrityksen joukkoon. Vuonna 2012 Wärtsilän johtama liitto kirjoitti sopimuksen toimittaa Jordaniin maailman suurimman kolmen polttoaineen voimalaitoksen. /2/

Vuonna 2018 Wärtsilä investoi uuteen teknologia hubiin, joka rakennetaan Vaasan vaskiluotoon. Toiminta Vaasan nykyisetä keskustan tehtaasta siirtyy kaikki uuteen teknologiahubiin, joka on uusi keskus tuotteiden tutkimukselle, kehitykselle ja tuotannolle (**Kuva 1.**)



**Kuva 1.** Kuvituskuva Vaskiluotoon rakennettavasta Smart Technology Hubista.

## 2.2 Nykyhetki

Vuonna 2019 Wärtsilän liikevaihto oli noin 5,2 miljardia euroa ja työntekijöitä noin 19.000. Toimipisteitä yrityksellä on jopa 200 yli 80 maassa. Suurimmat toimitusyksiköt sijaitsevat Vaasassa sekä Triestessä, Italiassa. Molemmat yksiköt soveltuvat usean moottorityypin valmistukseen. /3/

### 2.2.1 Marine

Wärtsilä tarjoaa meriteollisuusasiakkaille monia tehokkaita ratkaisuja, järjestelmiä ja tuotteita. Wärtsilältä löytyy kokenut ja osaava henkilöstö, joka osaa räätälöidä asiakkaalle juuri heille sopivia innovatiivisia ja optimoituja elinkaariratkaisuja. Moottoreita pystytään valmistamaan monille eri laivatyypeille, kuten risteilyaluksille, lautoille, kalastusaluksille, kaupallisille aluksille ja armeijan käyttöön tuleville aluksille. Moottoreiden lisäksi Wärtsilä suunnittelee eri laivamalleja kustannustehokkuus keskipisteenä. /4/

### **2.2.2 Energy**

Wärtsilä tukee muutosta tulevaisuuteen, jossa kaikki sähkö tuotetaan uusiutuvalla energialla. Asiakkaiden energijärjestelmät optimoidaan siten, että heidän investointinsa kestävät pitkälle tulevaisuuteen. /5/

Asiakkaat voivat valita monista eri joutavista voimalaitosratkaisuksista, energian hallinta- ja varastointijärjestelmistä. Ratkaisuihin kuuluu polttomoottorivoimalaitokset, joilla on erittäin hyvä joustavuus ja korkea hyötysuhde, hybridivoimalaitokset, joissa polttomoottoreiden lisäksi sähköä voidaan tuottaa myös esim. aurinkopaneelien avulla, datakeskukset, jotka vähentävät hiilijalanjälkeä ja lisäävät tuottavuutta ja voimalaitosten huolto, joka kestää tuotteen koko elinkaaren ajan. Asiakkaiden valintaa helpotta myös se, että he voivat vertailla ja valita ratkaisuja Wärtsilän jo rakentamista voimalaitoksista ympäri maailmaa. Wärtsilän rakentamien voimalaitosten kokonaiskapasiteetti on yli 72 GW, ja toimituksia on jopa 180 maassa. /5/

### **2.2.3 Service**

Huolto tarjoaa kattavia ratkaisuja kaikkiin Wärtsilän tuotteisiin. Wärtsilä toimittaa laadukkaita varaosia kaikkiin tuotteisiin, jatkuvaa tuotteiden seurantaa ja huolto-suunnittelua. Huoltoon kuuluu myös kenttähuolto, tekninen tuki, erilaiset opetus-suunnitelmat, kyberturvallisuus ja elinkaaren kestävä huolto sekä ratkaisut merenkulku- ja energiatuotteisiin. /6/

### 3 MOOTTORIT

Wärtsilän tuotevalikoimaan kuuluu kaas- ja dieselmoottoreiden lisäksi myös DF-monipolttoainemoottoreita, joissa voidaan käyttää kaasun lisäksi myös pelkästään polttoöljyä. Tämä antaa asiakkaille joustavuutta tilanteissa, joissa esim. toista polttoainetta ei ole saatavilla (**Kuva 2.**)



**Kuva 2.** Wärtsilä 34DF-rivimoottori.

#### 3.1 Luokittelu

Moottorit luokitellaan sylinteriluvun, halkaisijan ja sen mukaan onko moottori V- vai rivimallinen. Esimerkiksi moottorin malli voi olla 20V32DF, mikä tarkoittaa, että moottori on V-mallinen, 20 sylinteriä ja niiden halkaisija on 32 cm. Moottori toimii myös kaasulla ja polttoöljyllä.

Rivi- ja V-moottorilla on se ero, että rivimoottorissa männät ovat yhdessä rivissä osoittaen ylöspäin. V-moottorissa männät ovat rinnakkain kahdessa rivissä muodostaen V-asetelman.

### 3.2 Tuotteet

Dieselmoottorivalikoimaan kuuluu 20, 22, 24, 26, 31, 32, 46, 46F ja suurimpana moottorina 64. Kaasu- ja monipolttoainemoottorivalikoimaan kuuluu 20 DF, 28 SG, 31 SG, 31 DF, 32 DF, 34 DF, 34SG, 46 GD, 50 DF ja 50 SG.

Nelitahtidieselmoottori 31 on yksi Wärtsilän uusimmista tuotteista, joka pääsi vuonna 2015 Guinnessin ennätyskirjaan ollessaan maailman tehokkain nelitahtikone (**Kuva 3.**) Listaus perustui Wärtsilä 31-moottorin erinomaiseen hyötysuhteeseen ja polttoainekulutukseen. /7/



**Kuva 3.** Wärtsilä 31-moottori.

## **4 TUOTANTOLINJAT**

Vaasassa on kaksi tuotantolinjaa moottoreille, pilot- ja linjakokoonpano. Uudemmat 32- ja 34-moottorit rakennetaan pääsääntöisesti linjakokoonpanossa ja uusi 31 moottori pilotkokoonpanossa.

### **4.1 Pilotkokoonpano**

Pilotkokoonpanossa koko moottori rakennetaan valmiiksi yhdessä solussa ilman, että sitä siirretään mihinkään. Moottorin lohko tuodaan yhteen soluun, josta se siirtyy koeajoon vasta sitten, kun moottori on kokonaan valmis.

### **4.2 Linjakokoonpano**

Linjakokoonpanolla tarkoitetaan tuotantolinjaa, joka kulkee vaiheesta seuraavaan, kunnes moottori on valmis ja voidaan siirtää koeajoon. Vaasassa moottoria kuljetaan ilmatyynyaluksella 7 vaiheen välillä. Vaiheissa 1-4 tapahtuu enimmäkseen mekaanista työtä ja 5 vaiheesta lähtien mekaanisten töiden lisäksi aletaan rakentamaan myös moottorin automaatiota, joka testataan viimeisessä vaiheessa ennen koeajoon lähtöä.

## 5 CORTONA 3D RAPIDAUTOR

Cortona 3D Rapidauthor tarjoaa työkaluja tehokkaaseen tuotedokumentointiin 3D-teknologian avulla. Perinteiset työdokumentoinnit ovat usein hitaita, kalliita ja alttiita virheille.

RapidAuthor on kustannustehokas kirjoitus- ja luonti työkalu, joka tarjoaa organisaatiolle joustavuutta tuottaen erilaisia tukidokumentteja, kuten interaktiivisia varaosaluetteloita, huolto-oppaita, koulutusmateriaaleja ja työohjeita. Vaikka henkilöllä ei olisikaan 3D-asiantuntemusta, voi hän luoda erinomaisia simulaatioita ja niihin liittyvää tekstiä samanaikaisesti. /8/

### 5.1 RapidManual

RapidManual tarjoaa helppokäyttöisen työtilan, jonka avulla tekijät voivat luoda interaktiivisia 3D-huolto- ja käyttöohjeita. 3D-ohjeiden käyttö nopeuttaa tuotedokumentoinnin kehittymistä ja johtaa parempiin tuoteoppaisiin murto-osalla kustannuksista. /9/

Kolmiulotteiset oppaat vahvistavat visuaalista osaamista lukemisen ymmärtämisen sijasta. Kieli ja käännösongelmat vähenevät sekä tietojen säilyttäminen helpottuu. /9/

### 5.2 RapidCatalog

RapidCatalog-työkalulla voidaan tuottaa digitaalisia ja interaktiivisia osaluetteloita. Vuorovaikutteinen 3D-ympäristä ja navigointi parantaa käyttökokemusta ja vähentää esim. tilausten hankintavirheitä. Tuotekustannukset luetteloille vähenevät hyödyntämällä jo olemassa olevia CAD-tietoja, mikä puolestaan parantaa varaosaluetteloa ja vähentää asiakaskyselyjen määrää. /9/

### **5.3 RapidLearning**

RapidLearning yhdistää olemassa olevat CAD-resurssit koulutusdokumentaatioon interaktiivisen koulutusohjelman luomiseksi, jotka käyttävät animoituja 3D-simulaatioita. /9/

Tutkimukset osoittavat, että interaktiiviset 3D-simulaatiot parantavat ymmärrystä ja oppimista kyseiseen aiheeseen. Animaatio maksaa vähemmän kuin se, että koulutus tehtäisiin fyysisten simulaatioiden tai muiden aktiivisten oppimisen lähentymistavoilla. 3D-simulaatiot myös nopeuttavat ja helpottavat huomattavasti koulutusta. /9/

### **5.4 RapidWorkInstruction**

RapidWorkInstruction-työkalulla on mahdollista tehdä helppoja ja nopeita vuorovaikutteisia työhöjeita ja kokoonpano-ohjeita. Suunnittelijoiden on helppo luoda 3D-animaatio, jota voi käyttää jokainen paikasta riippumatta netin avulla. Työhöjeissa annettu visuaalinen selitys säästää aikaa ja lisää tehokkuutta. Ohjeella voidaan parantaa tuotteiden laatua ja asentajien koulutusaika lyhenee. /9/

### **5.5 RapidText**

RapidText on tarkoitettu luomaan suuria dokumentaation tekstiosioita, joissa ei tarvita 3D-grafiikkaa. RapidTextin näytön asettelu ja käyttöliittymäelementit on järjestetty helpottamaan tekstin muokkausta. /9/

### **5.6 RapidIllustrator**

RapidIllustrator on työkalu, joka tuottaa 2D-kuvia 3D-geometriasta dokumenteille, kuten osaluetteloille, eri toimintamalleille ja muille myyminenjälkeisille dokumenteille. Työkalulla voidaan myös muokata 3D-malleja. /9/



## **5.7 Cortona2D Editor Pro**

Cortona2D Editor Pro on päämäisesti grafiikkaeditori. Ohjelmalla voidaan muokata kaikkea 2D-grafiikkaa, jotka on luotu RapidAuthor-sovelluksella. Ohjelma sisältää paljon toimintoja, joilla kuvat saadaan halutun näköiseksi. /9/

## 6 W31 AUTOMAATIO-OSAKOKOONPANO

Automaation osakokoonpanolla pyritään siihen, että suurin osa moottorin automaatiosta rakennetaan etukäteen ja siirretään valmiina kokonaisuutena moottoriin (**Kuva 4.**) Tämä nopeuttaa huomattavasti moottorin läpimenoaikaa, mikä puolestaan säästää rahaa yritykselle. Osakokoonpanossa on myös se hyöty, että moottorin sähköistys pystytään helposti testaamaan etukäteen ennen kuin se asennetaan pysyvästi moottoriin, mikä nopeuttaa huomattavasti rikkiäisten antureiden ja muiden sähköisten osien vaihtoa.

Vanha tapa moottorin automaation rakentamiseksi on, että suurin osa sähköosista tulee yksittäin moottorille ja ne asennetaan samaan aikaan kuin kaikki moottorin muut mekaaniset asennukset, mikä aiheuttaa hidastusta tuotantoon, kun mekaaniset- ja sähköasentajat työskentelevät samassa tilassa ja joutuvat usein odottamaan, että jompikumpi osapuoli on valmis ennen kuin voi itse mennä työskentelemään samaan tilaan.

### 6.1 Kehitys

Automaatio-osakokoonpano on edelleen suhteellisen uusi käytäntö Wärtsilässä ja sitä kehitetään jatkuvasti eteenpäin (**Kuva 5.**) Tähtäin käytännössä on, että kaikkien moottorien automaatio tehtäisiin jigissä etukäteen, eikä enää yhtään automaatiota tarvittaisi rakentaa moottorin päällä ja kaikki tarvittava testaus saataisiin suoritettua jigissä ennen koeajoon menoa.

Jigiä on jo paranneltu tasojen ja pidikkeitten avulla, mikä nopeuttaa työskentelyä, parantaa työergonomiaa ja turvallisuutta. Tällä hetkellä jigiiin ollaan hankkimassa uutta testilaitetta, jonka avulla pystyttäisiin testaamaan automaation toimivuus lähes täydellisesti. Kun osakokoonpano kehittyy tiettyyn pisteeseen koeajossa tuleviin vikoihin, voidaan sanoa turvallisesti, että vika on mekaaninen eikä sähköinen, koska laitteet on testattu etukäteen. Jos vika koeajossa todetaan sähköiseksi, sen on pakko olla tullut kuljetuksessa tuotannosta koeajoon tai sähköasentajien kytkennöissä koeajossa. Tällä vältetään turhia syytöksiä ja nopeutetaan vian löytämistä.

Työturvallisuutta ja ergonomiaa lisääviin kehityksiin kuuluu sähkökeskuksen alla olevan alustan turvakaiteet, portaikot, kutistussukka- ja kaapelireittiteline, alusta moottorin kuville ja tietokoneelle (**Kuva 6.**) Yksi suuri osa sähköasentajan työtehtävästä automaatio-osakokoonpanossa on kaapeleiden tuonti keskukseseen ja niiden kytkeminen sähkökeskuksen asennusalustan päällä.

## 6.2 Rakennusprosessi

W31-automaation rakennusprosessi voidaan jakaa kolmeen osaan. Alihankkijat toimittavat tuotantoon osat, kuten keskuksen ja sähkösivuluukut valmiina tehtaalle. Jigi on rakenne, jossa automaation itse osakokoonpano suoritetaan sähköasentajien toimesta. Moottorin pääkokoonpanossa osakokoonpano asennetaan koneeseen ja lisätään moottorin muu sähköistys, mitä jigissä ei pystytä tekemään.

## 6.3 Aktiviteetit

Aktiviteetit ovat vaiheita, jotka kertovat asentajille missä järjestyksessä moottorin automaatio rakennetaan ja mitä osia kyseiseen vaiheeseen kuuluu.

Aktiviteetit ovat erittäin tärkeitä logistiikalle, jotka näkevät niitten avulla mitä osia moottorille pitää tuoda kyseisen aktiviteetin aikana, milloin ne tuodaan moottorille ja mihin kohtaan moottoria osat toimitetaan.

Esimerkki aktiviteetista on pääkeskuksen varustelu + asennus, mikä on ensimmäisessä vaiheessa, eli asennetaan ihan alkuun. Aktiviteettiin kuuluu moduuli M130, mikä tarkoittaa kokoelmaa osia, johon kuuluu esim. alihankkijalta tuleva pääkeskus, kiinnitysruuveja ja kaapelireittejä. Lopuksi aktiviteettiin kuuluu myös ”unloading point”, joka kertoo logistiikalle mihin kyseiset osat tuodaan (**Kuva 7.**)

	A	B	C	D	E
1					
2					
3			<b>TURBO VAPAASSA PÄÄSSÄ</b>		
4					
5		<b>VAIHE</b>	<b>AKTIVITEETTI</b>	<b>MODUULIT</b>	<b>Unloadingpoint</b>
6		1	PÄÄKESKUKSEN VARUSTELU + ASENNUS	M0130 (PUAU02)	3XAT_CI_S1_CABIN
7	*	2	KESKUKSEN PÄÄSSÄ JOHTOREITTIEN ASENNUS	M107 (PAAF972446, PAAF933652)	3XAT_CI_S1_CAB2
8		1	A-PUOLEN SIVULUUKUN TUKIEN ASENNUS+ALUMIINI PROFILIN ASENNUS	M0110 EKA KERÄYS	3XAT_CI_S1_FLOOR1_A
9		1	B-PUOLEN SIVULUUKUN TUKIEN ASENNUS+ALUMIINI PROFILIN ASENNUS	M0111 EKA KERÄYS	3XAT_CI_S1_FLOOR1_B
10		1	A-PUOLEN SÄHKÖSIVULUUKUN ASENNUS + SIVULUUKKUIEN KANSIEN IRROITUS SÄHKÖSIVULUUKKU (PUAU06)		3XAT_CI_S1_FLOOR2_A
11		1	B-PUOLEN SÄHKÖSIVULUUKUN ASENNUS + SIVULUUKKUIEN KANSIEN IRROITUS SÄHKÖSIVULUUKKU (PUAU08)		3XAT_CI_S1_FLOOR2_B
12	**	2	KESKUKSEEN JOHTOJEN OTTO SISÄLLE JA KYTKENTÄ		
13		2	A-PUOLEN SIVULUUKUN ALUMIINIKANSIEN ASENNUS + ANTURIEN ASENNUS TE.	M0110 TOINEN KERÄYS	3XAT_CI_S2_FLOOR1_A
14		2	B-PUOLEN SIVULUUKUN ALUMIINIKANSIEN ASENNUS + ANTURIEN ASENNUS TE.	M0111 TOINEN KERÄYS	3XAT_CI_S2_FLOOR1_B
15		2	PILLIPUTKIEN JA LIITTIMIEN ASENNUS	M0068,M0074,M0086,M0123,M0151,M0166,M020	3XAT_CI_S2_FLOOR2_A/
16		3	PÄÄKAASUVENTTIILIN JA NAKUTUSANTURIEN ASENNUS+KYTKENTÄ	M0053	3XAT_CI_S2_FLOOR2_A/
17		3	SENTINEL VALVE FOR BURSTING DISK TARKASTUS+ASENNUS+KYTKENTÄ	M0177	3XAT_CI_S2_FLOOR2_A/
18		3	ÖLJYN PINTA-ANTURIN ASENNUS+KYTKENTÄ	M0043	3XAT_CI_S3_FLOOR1_A
19		3	TASAPAINOAKSELIN LÄMPÖTILA-ANTURIEN ASENNUS+KYTKENTÄ	M0181	3XAT_CI_S3_FLOOR1_A
20		3	PROJEKTI KOHTAISTEN ANTURIEN JA JOHTOJEN ASENNUS	M0019, M0020, M0043, M0122, M0198	3XAT_CI_S3_FLOOR1_A
21		3	SÄHKÖSIVULUUKUN TERÄSPUTKIEN ASENNUS PUTKENPITIMIN	M0109 (PAAF663236, PAAF940665, PAAF85082	3XAT_CI_S3_FLOOR1_A
22		4	TURBON BOXIN KYTKENTÄ TESTIÄ VARTEN JIGIIN	TURBON SÄHKÖBOXI (PUAU04)	3XAT_CI_S4_FLOOR1
23		4	HORNIN KYTKENTÄ JIGIIN	M0122	3XAT_CI_S4_FLOOR2
24		4	KONFIGURAATION LATAUS+TARKASTUS		
25		4	AUTOMAATION NOSTO LOHKOON JIGISTÄ		
26		4	JOHTOREITTIEN ASENNUS MOOTTORIIN VAUHTIPYÖRÄN PÄÄHÄN		
27		4	BEB-ANTURIEN JOHDOTUS+KYTKENTÄ MOOTTORISSA		
28		4	RUNKOLAAKERIEN LÄMPÖTILA-ANTUREIDEN ASENNUS MOOTTORIIN		
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35	*		Siirretty vaiheelta kaksi ykköseen		
36	**		Siirretty vaiheelta yksi kakkoseen		
37					

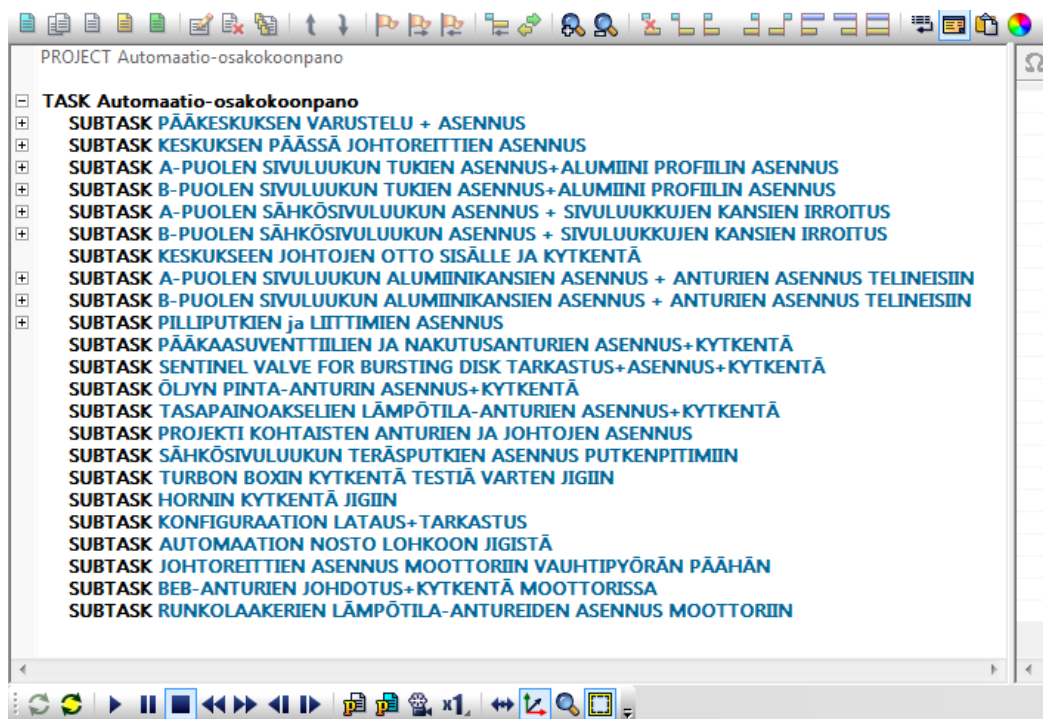
**Kuva 4.** Automaatio-osakokoonpanon aktiviteetit.

## 7 3D-TYÖOHJE

3D-ohje rakennettiin käyttämällä Cortona 3D rapidautor-ohjelmaa, joiden avulla voidaan luoda erilaisia interaktiivisia osaluetteloja, huoltomanuaaleja, opetusmateriaaleja ja työohjeita.

Ohjelmalla saadaan luotua todella selkeitä animaatioita, joitten avulla uusikin työntekijä voi helposti opetella osakokoonpanon rakennusprosessin. Yksi parhaita puolia Cortona-3D:llä ohjeessa on se, että rakennusprosessin animaation lisäksi asentaja pystyy pysäyttämään tai kelaamaan animaation koska haluaa ja pystyy hiirellään pyörittämään 3D-mallia ja katsomaan esim. osakokoonpanon eri kohtia, jotka eivät välttämättä näy normaalissa animaatioissa.

Ohje rakennettiin jo olemassa olevien aktiviteettien perusteella seuraten samaa rakennusjärjestystä kuin aktiviteeteissa on (**Kuva 8.**) Ohjeen yläreunaan lisättiin myös teksti, joka kertoo asentajalle mitä moduulia kyseisessä kohdassa animaatiota rakennetaan.



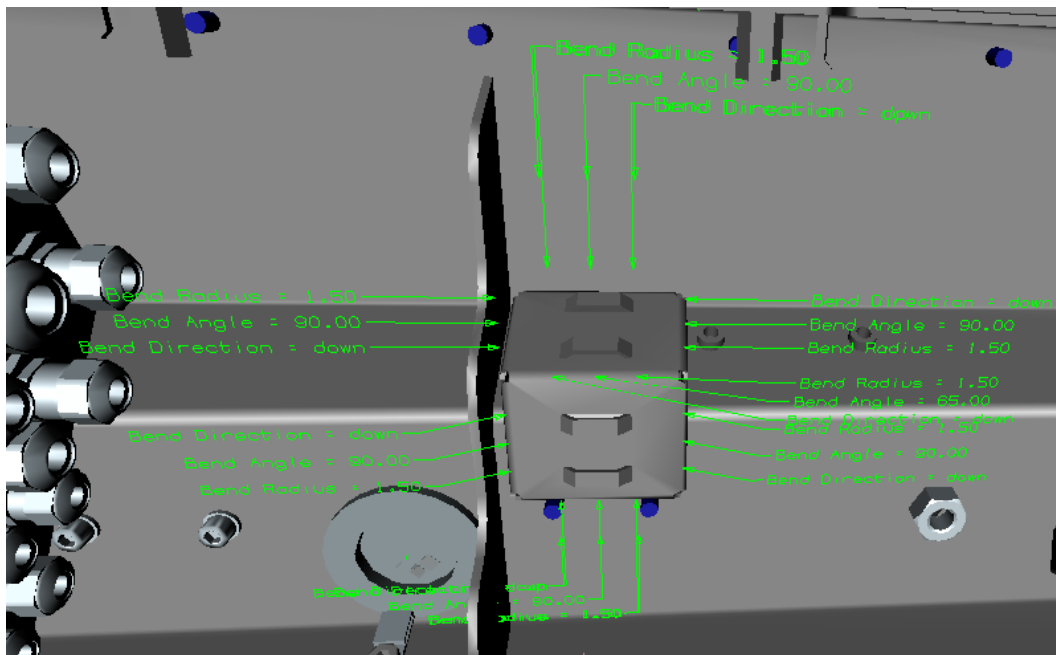
**Kuva 5.** Aktiviteetit Cortona 3D:ssä.

## 7.1 Haasteet

Ohjeen tarkoituksena oli saada asentajille interaktiivinen animaatio pelkän videon sijasta, mutta ohjeen kehittyessä huomasin, että ohjeen koko kasvoi animaation loppuosassa suureksi kokoonpanon osien määrän takia. Ohjeen animaatioiden luonti sekä interaktiivinen HTML - muodossa oleva animaatio hidastui huomattavasti ja joissain tapauksissa jopa kaatui isojen osakokoelmien animaatioiden aikana, mikä aiheutti sen, että lopullinen julkaisu oli tehtävä videona HTML – muodon sijasta. Ongelma yritettiin korjata myös laskemalla osien laatua, mutta tämäkään ei auttanut vaan ohjelma kaatui edelleen isojen osakokoelmien animaatioissa. Lisää testausta HTML – muodon julkaisun kanssa aiotaan suorittaa, jos animaatio toimii paremmin tietokoneilla, joissa on enemmän suoritustehoa.

Ohjeen koko aiheutti myös hankaluuksia animaatioiden luonnissa, uusien animaatioiden päivitys ohjeeseen työn loppupuolella vei jopa 2 minuuttia. Päivittäminen on tehtävä aina kun haluaa tarkastaa miltä uudet animaatiot näyttävät. Tätä kannatti välttää ja päivittää ohje vasta sitten, kun oli muutaman animaation saanut valmiiksi eikä, että jokaisen pienen muutoksen jälkeen päivittäisi ohjeen, mikä veisi huomattavasti aikaa.

Tuodut 3D-mallit JT-muodossa sisältävät monia turhia osia ja kommentteja, mitkä ovat tärkeitä vain osien toimittajille ja alihankkijoille (**Kuva 9.**) Turhat kommentit ja materiaalit, kuten taittokulmat ja pituudet karsittiin ohjeesta pois selkeyden ja koon säästämiseksi.

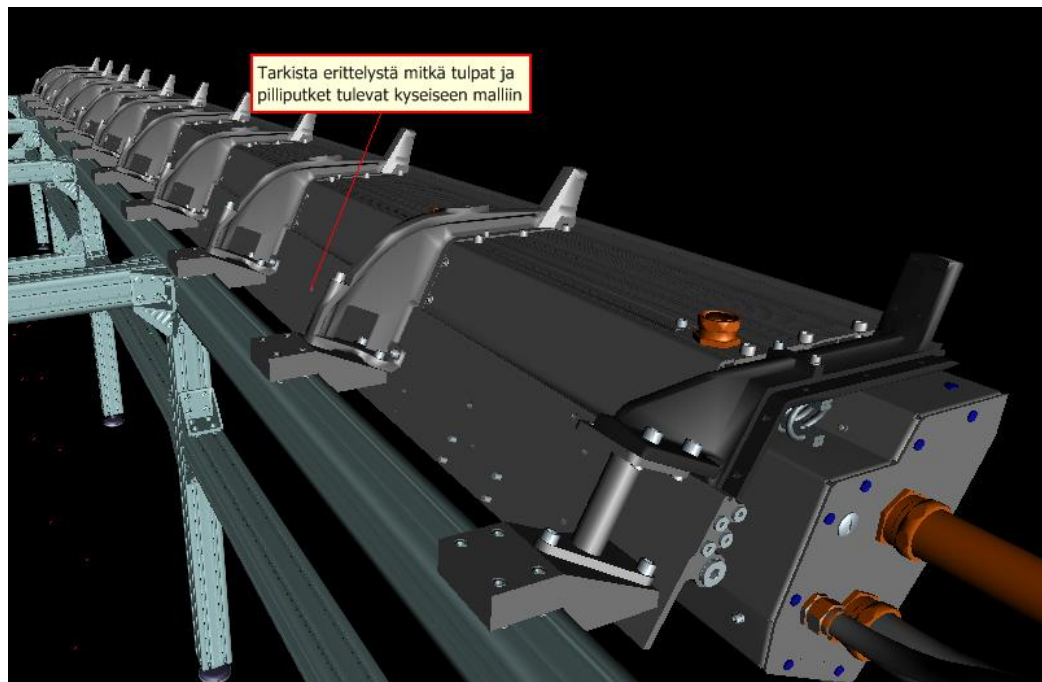


**Kuva 6.** Esimerkki alkuperäisen JT-mallin sisältämistä kommenteista.

Osakokoonpanon viimeinen jigissä suoritettava aktiviteetti eli automaation nosto lohkoon animaatio, päätettiin tehdä erillisenä alkuperäisestä ohjeesta animaation koon takia, tämän avulla animaation koko pysyy pienenä ja se pystytään julkaisemaan interaktiivisena HTML-muotona asentajille.

Ohjeen toimivuus ratkaistiin tapauksissa, kun moottorimallit muuttuvat tekemällä ohje, jossa on näkyvissä kaikki mahdolliset automaation lisäosat ja lisäämällä kommentteja ohjeen kohtiin, joissa osat voivat vaihtua mallin mukana. Kommenteissa kerrotaan asentajille, että heidän on tarkastettava moottorin virallisista piirustuksista, tuleeko kommentin osoittava osa tai osat rakennettavaan moottoriin (**Kuva 10.**)

Moottorin kaapelireitit muuttuvat sen mukaan kummassa päässä moottorin turbo sijaitsee, vapaassa päässä vai vauhtipyörän päässä. Kummastakin vaihtoehdosta tehtiin oma animaationsa ja asetettiin ne peräkkäin. Animaatioihin lisättiin kommentti tarkastaa, kummassa päässä rakennettavan moottorin turbo sijaitsee ja seuraata kyseisen animaation kaapelireittien asennusohjeita.



**Kuva 7.** Esimerkki työohjeessa näkyvistä kommentteista.

Yksi haaste työohjeen kanssa oli myös se, että moottorin automaation design saattaa muuttua ajan kuluessa. Cortona-3D:ssä ei ole mitään toimintoa, että uudet osat voisivat automaattisesti muuttua vanhojen osien tilalle. Riippuen designmuutoksista ja niiden koosta, ohje on päivitettävä manuaalisesti, jos ohje halutaan pitää ajan tasalla. Uuden ja vanhan mallin yhteensopivuus voi myös tuottaa helposti ongelmia uutta animaatiota päivittäessä. Designmuutokset ohjeeseen tarvitsee siis aina RapidLearning-ohjelman osaavan käyttäjän päivittämään ohjeen manuaalisesti designin vaihtuessa.

## 7.2 Eri moottorivariaatiot

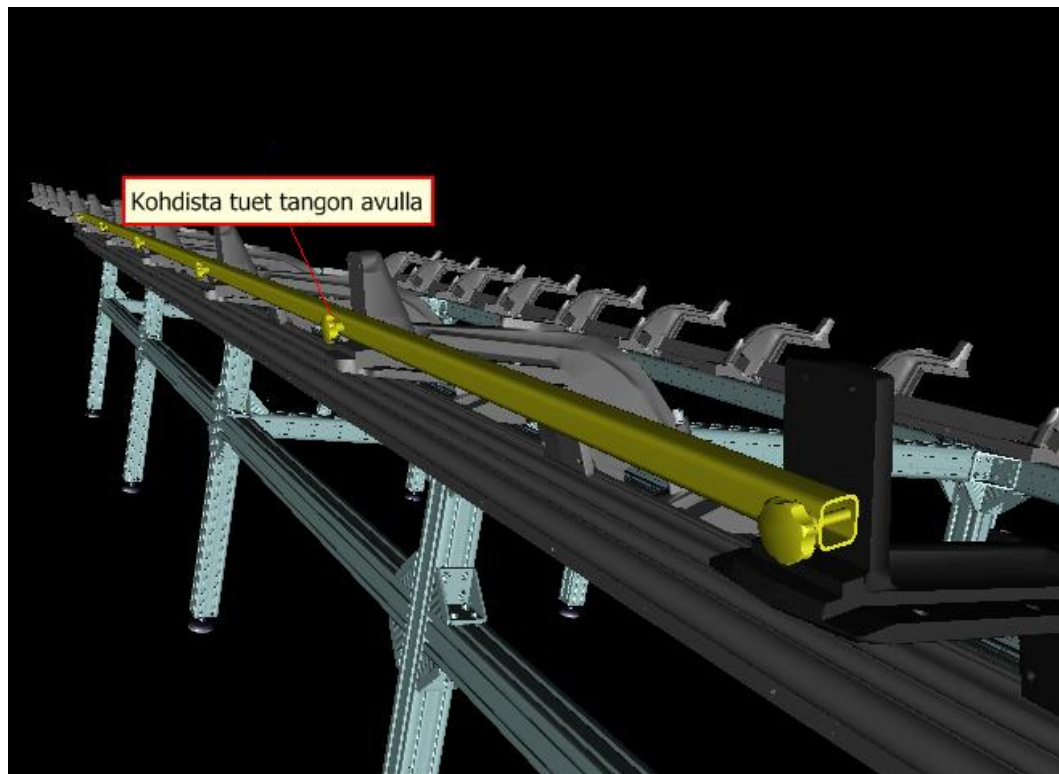
Yhdeksi kysymykseksi tuli, että miten työohjeeseen eritellään moottorien eri variaatiot, kuten lyhyt 8 sylinterin ja pitkä 20 sylinterin moottori, joihin tulee tietenkin eri määrä osia. Designeroja on myös paljon, kun moottorin polttoaine muuttuu tai kun moottorin turbo on vauhtipyörän päässä eikä vapaassa päässä.



Jokaiselle moottorin eri variaatiolle oman ohjeen tekeminen olisi erittäin pitkä prosessi. Päätin, että tehdään ainakin aluksi vain yksi ohje käyttämällä kaikkia osia mitkä tulevat ns. pahimmassa tapauksessa eli moottorin 3D-mallit otettiin moottorista, joka on pisin mahdollinen ja sisältää kaikki mahdolliset lisälaitteet. Jos animaatioissa tulee kohta, joka voi muuttua moottorin mallin mukana, lisäsin kommentin, joka kertoo, että asentajan pitää tarkistaa moottorin piirustuksista tuleeko kyseinen osa rakennettavaan moottoriin vai ei. Tällä sain nopeutettua huomattavasti ohjeen valmistumista.

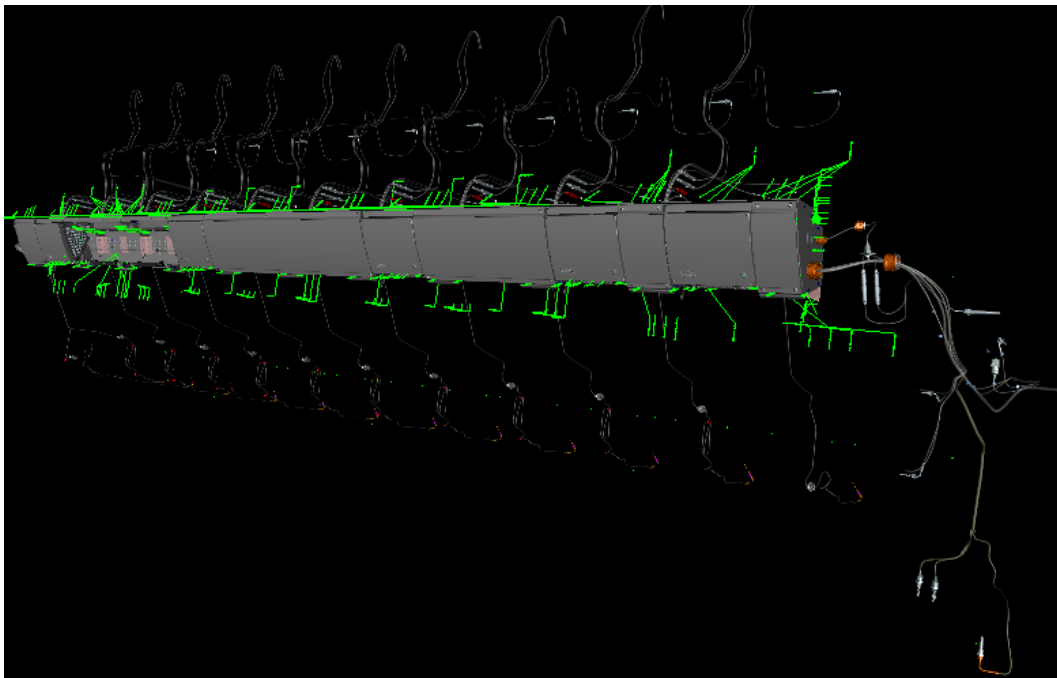
### **7.3 Palaute**

Palautetta kerättiin työn kehittyessä esimiehiltä sekä asentajilta. Läpikäynnit suoritettiin esimiehen kanssa tasaisin väliajoin tarkastaen, onko 3D-ohjeen rakennusprosessi kehittynyt oikein. Palautteen avulla ohjetta paranneltiin myös lisäämällä tarvittuihin asennuksiin omat animaatiot, joissa osat pitää kohdistaa joko kartioruuvien tai kohdistustangon avulla (**Kuva 11.**) Tietyt osat ovat erittäin tärkeitä olla kohdistettuna suoriksi ennen muiden osien asennusta, muuten osat eivät saata osua kunnolla kohdilleen osakokoonpanon loppuosassa.



**Kuva 8.** Sivuluukkujen tukien kohdistus.

Esimiehen kanssa puhuttiin myös ohjeen koosta ja päädyttiin ratkaisuun, että sähkösivuluukkujen itse sähkökaapeleita ei tarvitse työohjeessa näyttää, vaan ne karsitaan pois ja jätetään ohjeeseen vain sähkösivuluukkujen runko. Sähkösivuluukkujen alkuperäiset 3D-mallit sisältävät sähkökaapelit ja anturit asennoissa, mihin ne tulee lopullisesti moottoriin. Tämä ei sovi työohjeeseen, koska anturit leijuisivat vain ilmassa (**Kuva 12.**)



**Kuva 9.** Alkuperäinen JT-malli sähkösivuluukusta.

Palautteen kautta päädyttiin käyttämään aktiviteettilistausta myös työohjeen puolella sekä työohjeen eristämistä jigin nosto-ohjeesta.

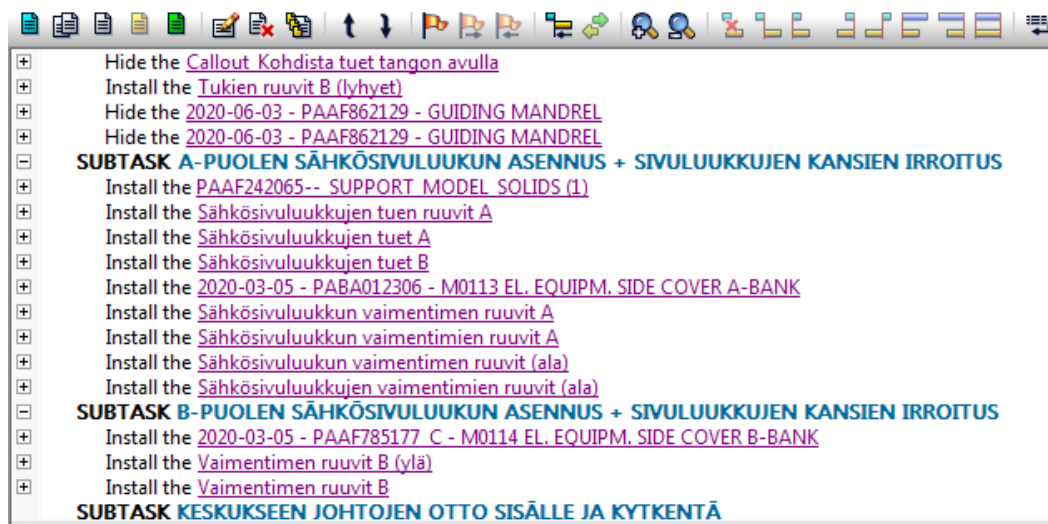
#### **7.4 Ohjelmointi**

Cortona 3D-ohjelmointi aloitetaan luomalla uusi projekti ja luomalla projektille oma työtila. Työtilalle valitaan määrittelyt sen mukaan minkälainen projekti on kyseessä. Monia määrittelyjä löytyy valmiina Cortonasta, mutta eri määrittelyjä pystytään tuomaan myös muualta.

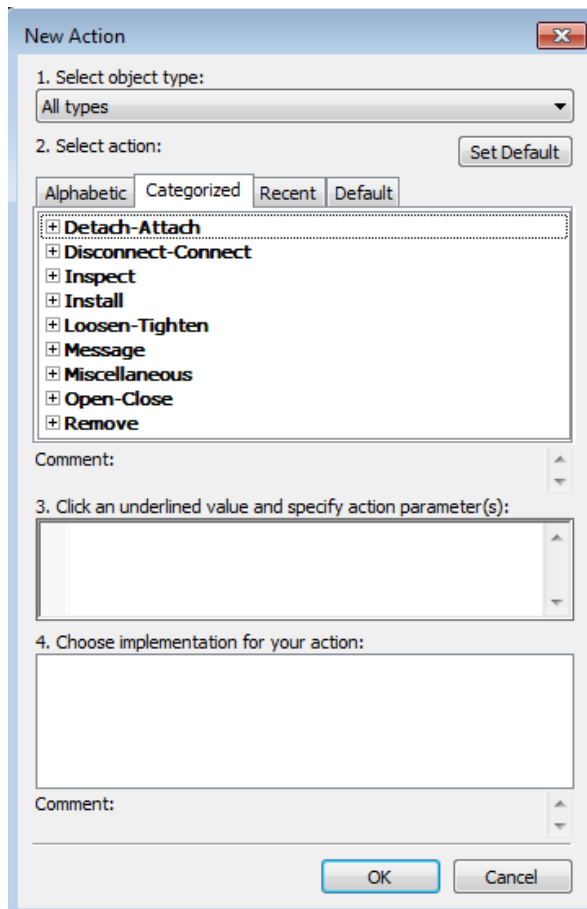
Tyhjään työtilaan pystytään tuoda RapidGenerator-työkalun avulla eri CAD-malleja ja työohje aloitettiin tuomalla jigi työskentelytilaan (**Kuva 13.**)

Seuraavaksi aloitettiin tuomaan kaikki rakennettava automaation työtilaan ja luomaan animaatioita samassa järjestyksessä osille, mitkä tehtaallakin asennettaisiin (**Kuva 14.**) Kaikki materiaalit, mitkä ohjeeseen tuotiin, olivat JT-malleja. JT-mallit ovat ISO-standardoituja 3D-formaatteja, joita käytetään yleisesti tuotevisualisoinnissa ja CAD-datatietovaihdossa.

Animaatioiden luonti kannattaa aloittaa luomalla ensin aktiviteetit, minkä sisään kyseisen aktiviteetin animaatiot lisätään (**Kuva 15.**) Ohjelmassa näiden nimi on ”Subtask.” Animaatioiden luonti aloitetaan tekemällä uusi toiminto ohjelmassa nimellä ”New action”, josta aukeaa valintaikkuna täynnä eri asennustyyplejä osille, esim. irrota, kiinnitä, kiristä, löysää, asenna, piilota ja näytä. (**Kuva 16.**)

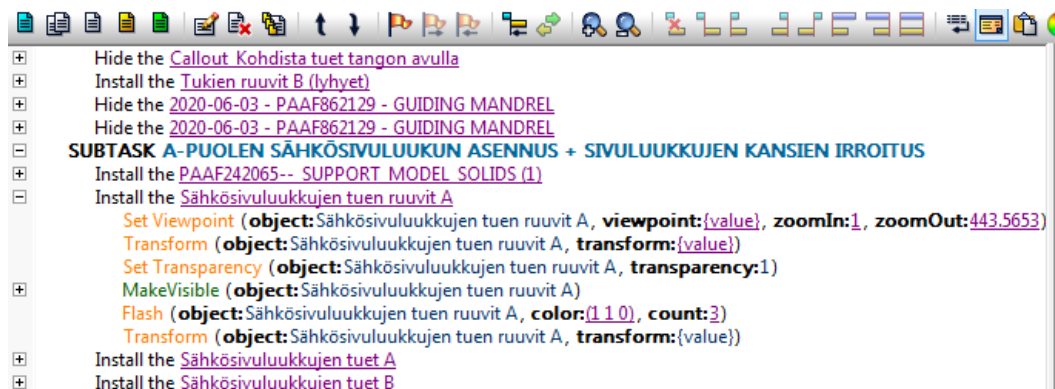


**Kuva 10.** Animaatioita sisältävät aktiviteetit.

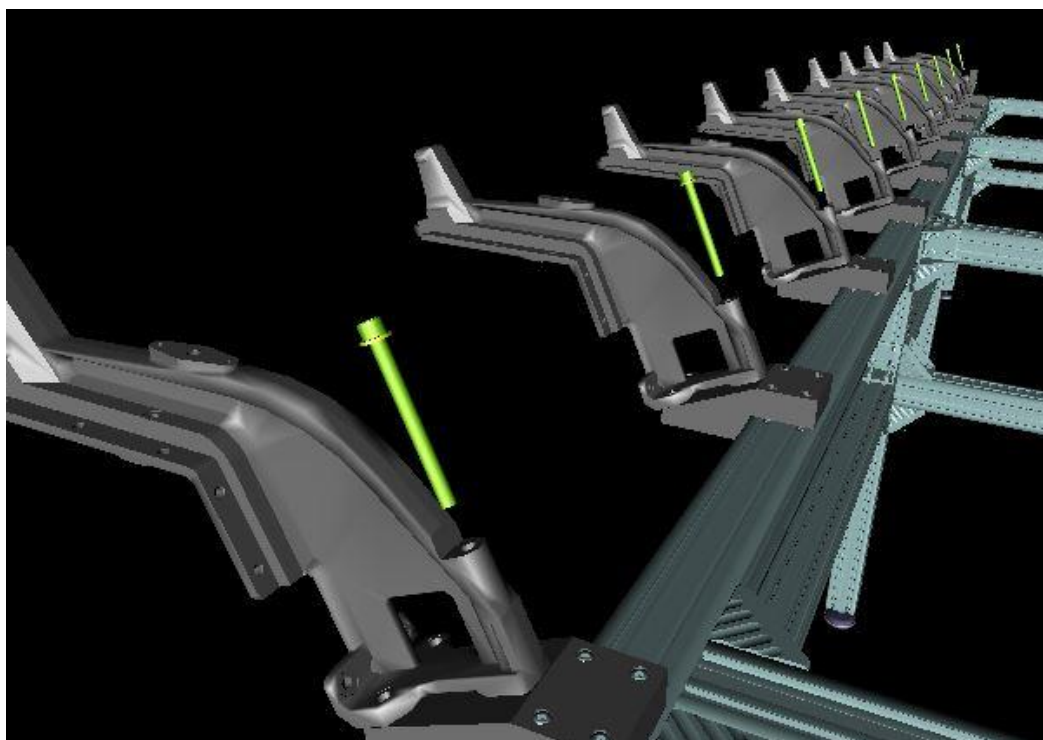


**Kuva 11.** Valintaikkuna eri animaatioiden luonnille.

Kun osalle on valittu haluttu animaatio, voidaan sen ominaisuuksia muokata monilla tavoin. Tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu kameran näkökulman vaihto oikeaan kohtaan, osan liikeradan muokkaaminen ja halutaanko, että osa vilkkuu sen huomaamisen helpottamiseksi (**Kuva 17 ja 18.**) Ominaisuudet vaihtelevat sen mukaan minkä tyyppinen toiminta animaatiolle on valittu.

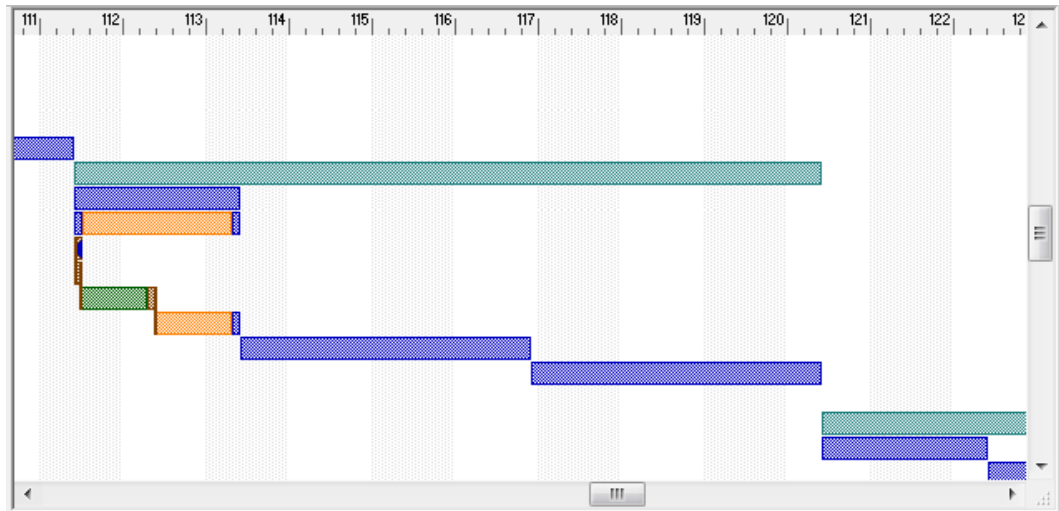


**Kuva 12.** Animaation ominaisuuksien muokkaus.



**Kuva 13.** Ruuvien vilkutus keltaisena ennen liikkumista kierteisiin.

Aikajanalyökalusta voidaan nähdä animaation jokaisen osan pituus, joka on muokattavissa kuinka pitkiksi käyttäjä haluaa (**Kuva 19**.) Tällä työkalulla on kätevää lyhentää animaatiot, mitkä eivät ole asentajille tärkeitä nähdä. Tällä säästetään turhia aikoja, jolloin kamera on vain paikoillaan.



**Kuva 14.** Aikajantyyökalu.

## 8 LOPPUTULOS

Opinnäytetyön tavoitteessa tehdä selkeä uusi 3D-työohje automaatio-osakokoonpanolle toteutui onnistuneesti, vaikka interaktiivisuutta ei pystytty käyttämään osassa työohjetta. Interaktiivisuus pysyi turvallisuudelle tärkeässä nosto-ohjeessa, joka julkaistiin erillään osakokoonpanon rakennusprosessista.

Vaikeimmaksi haasteeksi todettiin 3D-simulaation koko, mikä hidasti ohjeen tekemistä ja sen toimivuutta interaktiivisena työohjeena. Ongelmaa yritettiin korjata vaihtamalla osien laatua, poistamalla merkityksettömät osat animaatiosta ja isojen osaryhmien paloittelulla eri animaatioihin, ilman tuloksia. Työohje päätettiin julkaista videomuodossa, joka toimii hyvin työohjeena myös ilman mahdollisuutta, että asentajat pystyvät animaatioiden aikana itse pyörittämään 3D-mallia. Testausta jatkettiin sen kannalta, saataisiinko interaktiivinen HTML-julkaisu toimimaan tietokoneilla, joissa on enemmän suoritustehoa.

Todettiin, että Cortona 3D-ohjelmalla tuotetut simuloinnit ovat erittäin käteviä ja toimivat parhaiten pienille animaatioille, joissa ei ole paljon osia. Ohjeen valmistuttua, hetken jo pois käytöstä ollut Cortona 3D-ohjelma todettiin hyväksi työkaluksi luomaan selkeitä 3D-simulointeja ja ohjelmaa aiotaan käyttää hyväksi pienemmissä kokonpanoissa tulevaisuudessakin.



## LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/about>
- /2/ Wärtsilän historia Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/about/history>
- /3/ Wärtsilä useasti kysytyt Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/about/faq>
- /4/ Wärtsilä Marine Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/marine>
- /5/ Wärtsilä Energy Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/energy>
- /6/ Wärtsilä Customer Support Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/customer-support>
- /7/ Uusi Wärtsilä 31 -moottori pääsi Guinnessin ennätyskirjaan Viitattu 12.6.2020 <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/02-06-2015-uusi-wartsila-31--moottori-paasi-guinnessin-ennatystenkirjaan>
- /8/ Cortona 3D Viitattu 12.6.2020 <http://www.cortona3d.com/en>
- /9/ Cortona 3D Rapidauthor Viitattu 12.6.2020 <http://www.cortona3d.com/en/rapidauthor>