



# **AVEVA E3D Mallinnusohjelman käyttö- opas**

**Sähkö- ja instrumentointisuunnittelijalle**

Jesse Lampinen

Opinnäytetyö, AMK

Tammikuu 2022

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Insinööri (AMK)

Lampinen, Jesse

## **AVEVA E3D Mallinnusohjelman käyttöopas**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tammikuu 2022, 32 sivua.

Tekniikan ala, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: Suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä

### **Tiivistelmä**

Suunnittelu- ja konsulttipalveluihin suuntautunut yritys Rejlers Finland Oy halusi tehostaa aloittavien sähkö- ja instrumentoinnin 3D-mallintajien perehdytystä. Tähän asti perehdyttäminen on tapahtunut pääosin kokeneemman mallintajan pitämänä. Ongelmina tilanteessa olivat työntekijöiden perehdyttämisestä aiheutuva kuormitus sekä ohjelmiston tukimateriaalien puute, jolloin aloittava mallintaja joutuu turvautumaan materiaalien puutteen vuoksi muihin mallintajiin.

Ratkaisuksi perehdyttämisessä oleviin ongelmiin ehdotettiin ohjelmiston käyttöoppaan luontia instrumentointisuunnittelijan tarpeisiin. Käyttöoppaan tavoitteena on siis edesauttaa aloittavien sähkö- ja instrumentointimallintajien perehdyttämistä ohjelmiston käyttöön.

Käyttöopas toteutettiin erillisenä oppaana tutkimuskirjallisuutta, käytännön kokemusta sekä yrityksen sisällä toteutettua tutkimusta hyödyntäen. Tutkimustapana oppaan luonnissa käytettiin laadullista tutkimusta, koska kohderyhmään sopivia mallintajia oli rajatusti tavoitettavissa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin strukturoitua haastattelua, joka toteutettiin Teamsin välityksellä.

Tulokseksi saatiin 60-sivuinen ohjelmiston käyttöopas, joka rakentuu ohjelmiston moduulien teoriaosuuksista sekä useista yleisimmin tarvituista esimerkkistöistä. Käyttöopas käsittelee myös paljon työtehokkuutta parantavia työskentelytapoja mm. makrojen luonnin keinoin. Uudeksi näkökulmaksi käyttöoppaaseen tuotiin myös PSK-standardisoinnin asennustyypikuvien perusteella mallintaminen.

Vaikka tavoitteena oli luoda opas aloittavalle mallintajalle, ilmeni tutkimushaastatteluissa myös nykyisten, jo kokeneiden mallintajien tarve oppaalle ohjelmiston laajuuden ja monialaisuuden vuoksi. Toimeksiantaja oli tuloksiin tyytyväinen ja kaikki asetetut tavoitteet saavutettiin.

Tutkimuksessa tunnistettiin nykyisten ja tulevien mallintajien tarve suomenkieliselle käyttöoppaalle. Tutkimuksesta saatiin myös paljon hyviä jatkokehitysehdotuksia ja onkin todennäköistä, että opasta tullaan jatkossa laajentamaan yhdessä mallinnustiimin kesken keinona jakaa ja tallentaa tietoa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

AVEVA E3D, 3D-mallinnus, 3D-sähkösuunnittelu, Instrumentointi, Käyttöopas

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Liite 1 on salassa pidettävä, ja se on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17 ja 20, yrityksen liike- tai ammatillisuus. Salassapitoaika on yksitoista (11) vuotta, salassapito päättyy 14.1.2033.

**Lampinen, Jesse**

### **AVEVA E3D Modeling software user guide**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, January 2022, 32 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's thesis

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The company Rejlers Finland Oy, which focuses on design and consulting services, wanted to improve the familiarity of beginner 3D modelers of electrical and instrumentation. Until now, orientation has been done by a more experienced modeler. The problem in this situation was the workload caused by the induction of the employees and the lack of software support materials, which means that the new modeler has to constantly turn to other modelers due to the lack of materials.

As a solution to the induction problems, it was suggested to create a software manual for the needs of the instrumentation designer. The purpose of this manual is to help beginners with the use of the software for electrical and instrumentation modelling.

The user guide was implemented as a separate guide, utilizing research literature, practical experience and research done within the company. Qualitative research was used as a research method in the creation of the guide, as modelers suitable for the target group were limited. The research method used was a structured interview implemented through Teams.

The result was a 60-page software user guide, which is based on the theoretical sections of the software modules and several of the most commonly needed practical examples. The user manual also includes a lot of work methods that improve work efficiency, e.g. creating macros. Modeling based on PSK standardization installation type images was also introduced as a new perspective in the user guide. Goal was to create a guide for the novice modeler, the research interviews also showed that current modelers also needed guide for the software. The assignment was satisfied with the results and all settled goals were achieved.

The study identified the need for current and future modelers for a user manual in Finnish. The study also provided a lot of good suggestions for further development, and it is likely that the guide will be expanded in the future together with the modeling team as a way to share and store information.

### **Keywords/tags (subjects)**

AVEVA E3D, 3D-modelling, 3D-Electrification, Instrumentation, User guide.

### **Miscellaneous (Confidential information)**

Attachment 1 is to be kept secret and has been removed from public work. The basis for secrecy is section 24, paragraphs 17 and 20 of the Publicity Act 621/1999, the company's business or professional secrecy. The period of secrecy is eleven (11) years, ending on January 14, 2033.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Mallinnusohjelman käyttöoppaan kehittämistutkimus.....</b>	<b>3</b>
1.1	Toimeksiantaja .....	3
1.2	Aihe, tehtävä ja tavoite .....	3
<b>2</b>	<b>3D-mallinnus .....</b>	<b>4</b>
2.1	Mallien historia .....	5
2.2	3D-mallinnuksen hyödyntäminen suunnittelutyössä .....	6
2.3	3D-mallinnuksen tulevaisuuden näkymät.....	7
<b>3</b>	<b>AVEVA Group plc .....</b>	<b>7</b>
3.1	AVEVA E3D mallinnusohjelmisto.....	8
<b>4</b>	<b>Muut 3D-suunnittelun ohjelmistot.....</b>	<b>8</b>
4.1	Navisworks .....	8
4.2	Solidworks .....	9
4.3	Vertex.....	10
4.4	3D-tulostaminen.....	11
<b>5</b>	<b>PSK-Standardisointi .....</b>	<b>12</b>
5.1	PSK-standardisointi instrumentointisuunnittelussa .....	13
5.2	Mallintaminen asennustyyppikuvien perusteella .....	14
<b>6</b>	<b>Tutkimus- ja kehitysaspekti.....</b>	<b>16</b>
6.1	Tutkimuksen lähtökohdat .....	16
6.2	Tutkimuksen tulokset.....	17
<b>7</b>	<b>Mallinnusohjelman käyttöopas.....</b>	<b>20</b>
7.1	Käyttöoppaan luominen.....	21
7.2	Käyttöoppaan sisältö.....	21
<b>8</b>	<b>Opinnäytetyön tulokset .....</b>	<b>24</b>
8.1	Asetetut- ja saavutetut tavoitteet.....	24
8.2	Tietoperusta ja lähteet.....	24
8.3	Puutteet ja jatkokehitys .....	25
	<b>Lähteet .....</b>	<b>27</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>29</b>
	Liite 1. AVEVA E3D Mallinnusohjelman käyttöopas (Salassa pidettävä). .....	29

**Kuviot**

Kuvio 1. Suunnittelu- ja konsulttipalvelu Rejlers AB:n logo ja motto. ....	3
Kuvio 2. Kuvankaappaus Aveva E3D suunnitteluohjelmiston 3D-mallista. ....	5
Kuvio 3. Pienoismalli joka on valmistettu poltetusta savesta noin 3-5 tuhatta vuotta ea.....	6
Kuvio 4. Kuvankaappaus Navisworks-mallin näkymästä. ....	9
Kuvio 5. Kuvankaappaus Solidworks ohjelmiston 3D-mallista. ....	10
Kuvio 6. Kuvankaappaus Vertex G4 Mallinnusohjelmiston käyttöliittymästä.....	11
Kuvio 7. Lämpötilamittauksen PSK-standardisoinnin asennustyyppikuva. ....	15
Kuvio 8. Kuva valmiista mallista, jossa laatikoituna tärkeimmät attribuuttimäärittelyt.....	16
Kuvio 9. Käyttöoppaan sisällysluettelon kappaleet 1-4.....	22
Kuvio 10. Käyttöoppaan sisällysluettelon kappaleet 5-8.....	23

# 1 Mallinnusohjelman käyttöoppaan kehittämistutkimus

3D-mallinnusta tehdään nykyisin enemmän kuin koskaan aiemmin ja sitä hyödyntäviä toimialoja syntyy jatkuvasti lisää. Erityisesti suunnittelualalla mallintaminen on ollut jatkuvasti lisääntyvä tapa tuottaa yhä tarkempaa suunnitteluaineistoa asiakkaan tarpeisiin. (POF Visuals 2019.) Mallinnusohjelmistoja luodaan ja kehitetään jatkuvasti eikä kaikista ohjelmistoista ole saatavilla helposti lähestyttävää suomen kielistä materiaalia. Tässä opinnäytetyössä luodaan katsaus 3D-mallintamisen historiaan ja tulevaisuuteen, esitellään eri mallinnusohjelmistoja ja tekniikoita sekä käydään läpi käyttöoppaan luomisprosessin menetelmät, vaiheet ja tulokset.

## 1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön aiheen toimeksiantajana toimi suunnittelu- ja konsulttipalveluihin suuntautunut yritys Rejlers Finland Oy. Rejlers Finland Oy kuuluu osana Rejlers AB konsernia, joka on Ruotsissa, Suomessa, Norjassa sekä Abu Dhabissa toimiva jatkuvasti kasvava monikansallinen pörssiyritys. Yrityksen logo ja motto on esitetty kuviossa 1. Mahdollisuus opinnäytetyön tekemiseen tarjoutui harjoittelun ja työsuhteen kautta. Käyttöopas tehtiin yrityksen mallinnustiimin sekä aloittavien mallintajien tarpeisiin.



Kuvio 1. Suunnittelu- ja konsulttipalvelu Rejlers AB:n logo ja motto.

## 1.2 Aihe, tehtävä ja tavoite

Opinnäytetyön aihe syntyi toimeksiantajan tarpeesta jouduttaa uusien 3D-mallintajien perehdytystä tuotanto- ja kustannussyistä. Uuden mallintajan perehdyttäminen mallinnusohjelman käyttöön vaatii nykyisellään toistuvaa ja pitkään kestävästä opastusta kokeneemmalta työntekijältä. Laaja ohjelmistokokonaisuus, jonka omaksuminen uudelta työntekijältä on hidasta kuormittaa

merkittävästi työntekijöiden resursseja. Resurssien kulumiseen on syynä tukimateriaalien puute, jolloin ohjelman käyttöä opetteleva joutuu tukeutumaan toistuvasti muiden mallintajien puoleen. Ratkaisuna ongelmaan esitettiin käyttöoppaan luomista yrityksen sähkö- ja instrumentoinnin 3D-suunnittelijoiden tarpeisiin.

Tavoitteena oli siis luoda mallinnusohjelman käyttöopas sähkö- ja instrumentointisuunnittelijalle, jonka avulla ohjelman käytön opetteleminen olisi mahdollista myös itsenäisesti. Käyttöoppaan tarkoituksena on toimia opetusmateriaalina, joka toimisi jo itsessään perehdytyksenä ohjelmiston käyttöön sekä olisi kokeneemman mallintajan antaman perehdytyksen tukena. Lisäksi tavoitteena oli se, että vastavalmistunut sekä yrityksessä työskentelyn vastikään aloittanut, että myös kokeneempi insinööri pystyisivät omaksumaankin ja hyödyntämään käyttöoppaan sisältöä, myös ilman aiempaa mallintamiskokemusta.

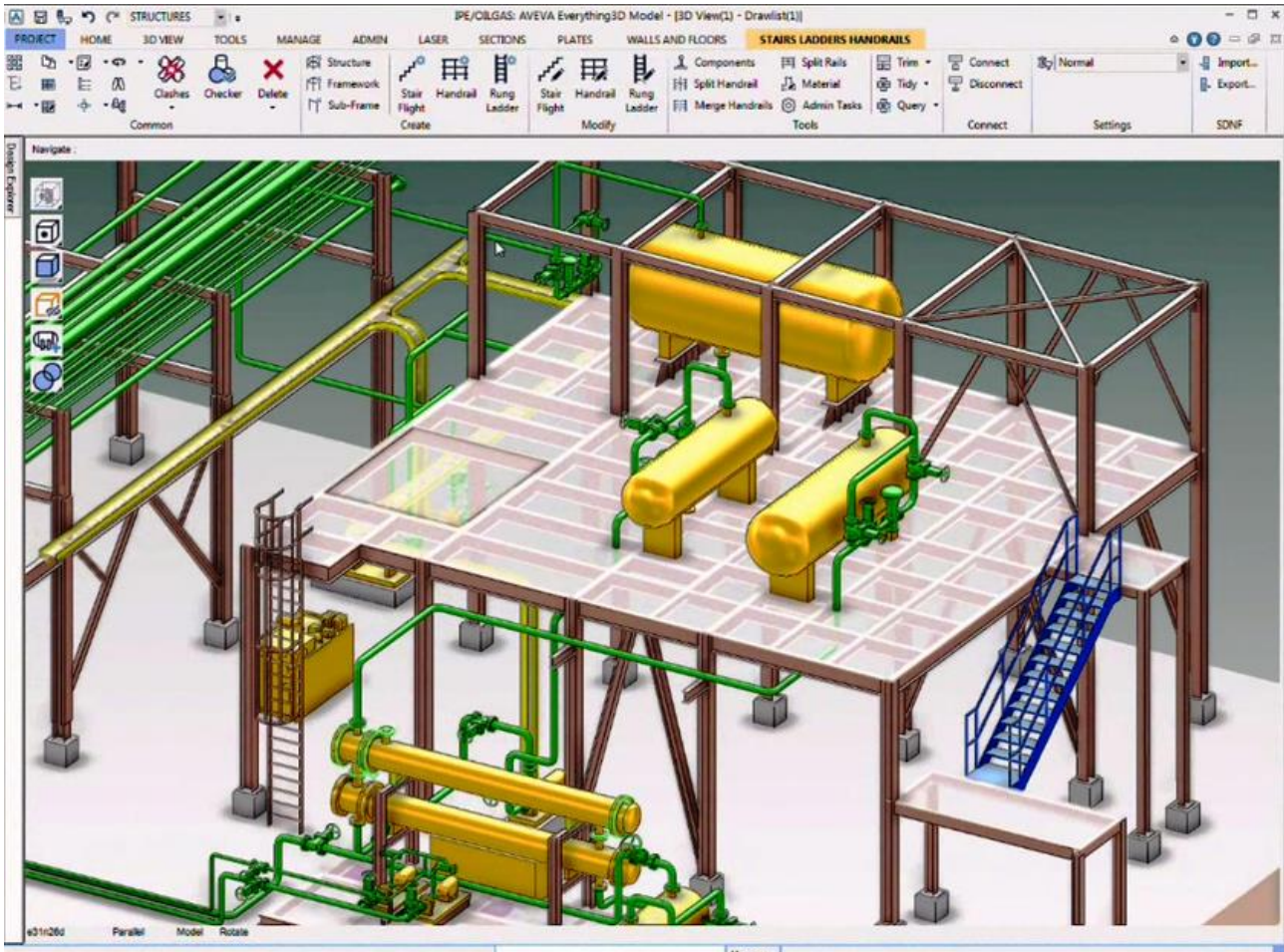
Opas on ohjelmiston laajuuden sekä toimeksiantajan toiveiden vuoksi rajattu painottumaan erityisesti sähkö- ja instrumentointisuunnittelijalle sopivaksi. Käyttöoppaan sisällön sekä laajuuden rajoitukseen hyödynnettiin myös yrityksen sisällä tehtyä kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta, joka toteutettiin strukturoidun haastattelun keinoin.

Käyttöopas päädyttiin julkaisemaan salattuna opinnäytetyön liitteenä. Syynä salaamiseen on käyttöoppaassa esitetyt käytännön esimerkit tehdasalueelta, joissa esiintyy yrityksen ja asiakkaan välistä salassapitosopimuksen alaista tietoa. Lisäksi suomenkielisten materiaalien puuttumisen vuoksi halutaan säilyttää yritysten välinen kilpailuetu. Salassapidosta johtuen tässä opinnäytetyössä käsitellään käyttöoppaasta pääasiassa sen rakenteen ja sisällönluonnin näkökulmasta, muutamia ei salattuja esimerkkiesityksiä lukuun ottamatta.

## **2 3D-mallinnus**

Tässä luvussa käsitellään 3D-mallintamisen historiaa ja tulevaisuutta sekä sen hyödyntämistä suunnittelutyössä. 3D-mallintaminen eli kolmiulotteinen mallintaminen tarkoittaa kolmiulotteisten kappaleiden luomista tietokoneen ohjelmistoja hyödyntäen siinä olevaan virtuaaliavaruuteen. 3D-malleja hyödynnetään tänä päivänä mm. videopeleissä, elokuvissa taiteessa, maisemasuunnittelussa sekä talojen, laitteiden ja niiden osien valmistuksen yhteydessä. Kuviossa 2 on havainnollis-

tava esimerkki suunnitteluohjelmiston 3D-mallista, jossa esitetään tehdasalueen laitteistojen sijoittelua. Käyttäjä pystyy liikkumaan virtuaalisessa mallissa ja tarkastelemaan sitä eri kulmista ja myös sisältä päin, joka saattaa pienoismallissa olla vaikeaa tai mahdotonta.



Kuvio 2. Kuvankaappaus Aveva E3D suunnitteluohjelmiston 3D-mallista.

## 2.1 Mallien historia

Mallien historia ulottuu pitkälle menneisyyteen sekä suunnittelutyöhön. Kolmiulotteisia malleja, eli pienoismalleja on hyödynnetty jo pitkään suunnittelussa ja tiedonvälityksessä. Malli on perinteisiin layout-kuviin verrattuna monesti ymmärrettävämpi tapa siirtää informaatiota ihmiseltä toiselle. Voisi siis sanoa, että jos kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, kertoo 3D-malli enemmän kuin tuhat kuvaa.



Mallit ovat helpottaneet rakentamista ja ne auttavat tunnistamaan niissä ilmeneviä ongelmia. Ihmiset ovatkin jo todella pitkän aikaa tykänneet luoda malleja rakennuksista, alueista ja osista. Kuviossa 3 on esitetty yksi varhaisimmista löydetyistä pienoismalleista. Varhaisimpia pienoismalleja onkin löydetty jo ajoilta 3-5 tuhatta vuotta ennen ajanlaskun alkua. (Astbury 2014.)



Kuvio 3. Pienoismalli joka on valmistettu poltetusta savesta noin 3-5 tuhatta vuotta ea. (Architektonix. n.d.)

Tietotekniikan kehitys on vauhdittanut 3D-suunnittelua ja tehnyt siitä yleisempää monille eri sektoreille. Tietokoneella luotuja moderneja 3D-malleja on tuotettu vasta varsin lyhyen aikaa. Varhaisimmat tietokoneella luodut 3D-mallit onkin luotu 1960-luvulla, kun ensimmäiset kaupalliset CAD-ohjelmistot saatiin luotua. (Ufo3D 2019.) Tuohon aikoihin 3D-mallinnusta tekivät vain harvat tietotekniikan sekä automaation ammattilaiset, jotka työskentelivät matemaattisten mallien ja data-analytiikan parissa. (Prus 2016.)

## 2.2 3D-mallinnuksen hyödyntäminen suunnittelutyössä

Tänä päivänä 3D-mallinnus sekä mallien hyödyntäminen on suunnittelutyössä lähes jokapäiväistä toimintaa. Erilaisia insinöörisuunnitteluun käytettäviä ohjelmistoja on tänä päivänä paljon erilaisia, sillä ala on jatkuvasti kasvava, kehittyvä ja ohjelmistoala hyvin kaupallistettu.

Kohteesta tai rakennuksesta luotu 3D-malli auttaa suunnittelijaa hahmottamaan tilan ja mittasuhteet paljon paremmin, kuin pelkkä perinteinen kaksiulotteinen kuva. 3D-malleja tutkimalla suunnittelija pystyy tarkastelemaan suunnittelemaansa kohdetta ikään kuin se tapahtuisi oikeassa elämässä katselemalla. Mittasuhteet, laitteiden väliin jäävä tila, sekä yleinen käsitys alueesta syntyy paljon vahvempana. 3D-malli on myös mitä oivallisin tapa esitellä asiakkaalle tulevan kohteen ulkoasua helposti ymmärrettävässä muodossa hieman vaikeampiselkoisten 2D-kuvien sijasta. Mallintamisen hyödyntäminen insinöörisuunnittelussa on ollut pitkään kasvava ala. (The Importance of 3D-modeling in Design 2020.) On siis syytä olettaa, että tulevaisuudessa sitä tullaan hyödyntämään entistä enemmän.

### **2.3 3D-mallinnuksen tulevaisuuden näkymät**

3D-mallinnusta hyödynnetään tänä päivänä enemmän, kuin koskaan aikaisemmin ja osajia tarvitaan yhä enemmän suunnittelu- ja virtuaalitodellisuuden aloilla. 3D-mallintaminen on kehittynyt viimeisen 40-vuoden aikana erittäin paljon ja uudet teknologiat mm. virtuaalitodellisuus tekevät mallintamisen tulevaisuudennäkymistä valoisat. (Conover 2020.) Kajala (2017) väittää että tulevaisuudessa lähes kaikki asiat voidaan 3D-mallintaa sekä tulostaa ja että 3D-mallintajista on huutava pula. 3D-mallintamisen lisääntymistä edesauttavat myös virtuaalitodellisuuden (VR) sekä lisätyn todellisuuden (AR) yleistyminen ja kehittyminen viimevuosina. (Kajala 2017.) Conover (2020) sekä Kajala (2017) ovat siis molemmat yhtä mieltä siitä, että 3D-mallintaminen on tulevaisuuden ala ja pitävät keskeisimpinä vaikuttimina siihen virtuaalitodellisuuden ja 3D-tulostamisen lisääntymistä.

Nykyään ja tulevaisuudessa 3D-mallinnusta hyödynnetään lähes kaikkialla. Mallinnusta hyödyntää tänä päivänä teollisuus- ja rakennussuunnittelun lisäksi esimerkiksi elokuvat, videopelit, virtuaali- ja lisätty todellisuus, monet tieteenalat, lääketeollisuutta 3D-printattuineen elimineen unohtamatta. (Rollings n.d.) Epäilemättä 3D-mallintaminen on nyt ja tulevaisuudessa merkittävä työllistäjä monella eri sektorilla.

## **3 AVEVA Group plc**

AVEVA on alun perin Iso-Britannialainen monikansallinen yksi maailman johtavimpia teollisuusohjelmistojen valmistajia. Se on perustettu vuonna 1967 Englannin Cambridgessä nimellä CADCentre. CadCentre oli alun perin Iso-Britannian teknologiaministeriön rahoittama valtion tutkimuslaitos,

jossa pyrittiin kehittämään uusia tietokoneavusteisia suunnittelutekniikoita. Yksityiseksi yhtiöksi CadCentre muuttui vuonna 1983 ja nykyisen nimensä AVEVA se sai vasta vuonna 2001.

### **3.1 AVEVA E3D mallinnusohjelmisto**

AVEVA:n ensimmäinen tulokas oli Plant Design Management System (PDMS), joka luotiin prosessilaitoksien 3D-suunnittelua varten. PDMS on 3D-mallinnusohjelma, jossa useat käyttäjät pystyvät samanaikaisesti mallintamaan samalla tietokannalla.

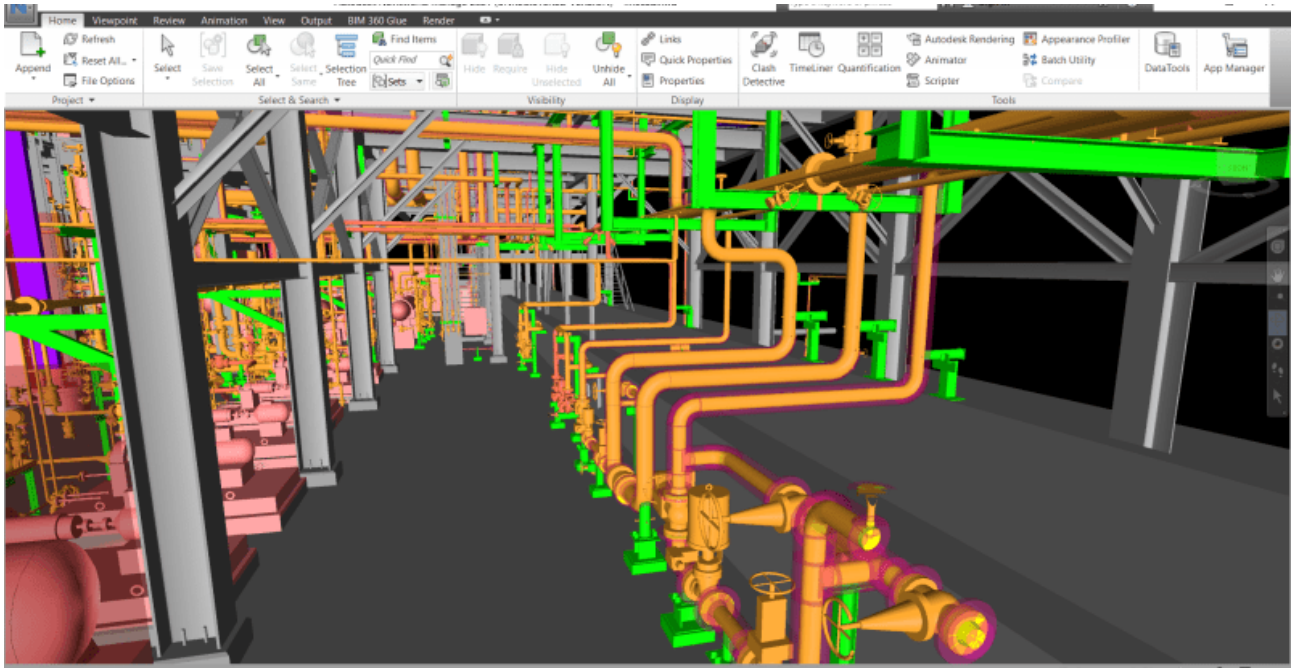
Mallinnusohjelmaa on julkaisun jälkeen kehitetty jatkuvasti ja uusin versio siitä kantaa nimeä AVEVA E3D eli Aveva Everything 3D. AVEVA E3D on nykyaikaisempi, käyttäjäystävällisempi sekä nopeampi versio aikaisemmasta versiosta, jossa parannuksina on muun muassa mallinnuksessa käytettävät graafiset työkalut perinteisien lisäksi.

## **4 Muut 3D-suunnittelun ohjelmistot**

### **4.1 Navisworks**

Navisworks on Autodesk yrityksen tuottama 3D-kuvien yhdistelemiseen ja lukemiseen tarkoitettu sovellus. Autodesk on maailman johtavimpia CAD- ja 3D-mallinnusohjelmistojen tuottajia. Autodesk on perustettu vuonna 1982 ja sen päätuotteita ovat mm. AutoCad ja Inventor suunnitteluohjelmistot. (Autodesk n.d.)

Navisworks ohjelmiston etuina on sen kyky yhdistää useita eri 3D-malleja toisiinsa. Ohjelmiston ulkoasu on esitetty kuviossa 4. Navisworks tukee yli 60 eri tiedostotyyppiä ja näin ollen mahdollistaa useiden eri 3D-mallinnusohjelmistojen mallien yhteensovittamisen, joka on hyödyllistä erityisesti isoissa projekteissa. Autodesk tarjoaa Navisworksista useita versioita aina projektinhallinta-ominaisuuksilla varustetusta versiosta tavallisempaan mallin lukemiseen tarkoitettuun versioon. (Autodesk n.d.) Laajemmilla ominaisuuksilla varustetut versiot ovatkin tavallista kalliimpia, jonka vuoksi onkin hyvä miettiä mitä ominaisuuksia ohjelmistolta tarvitsee.



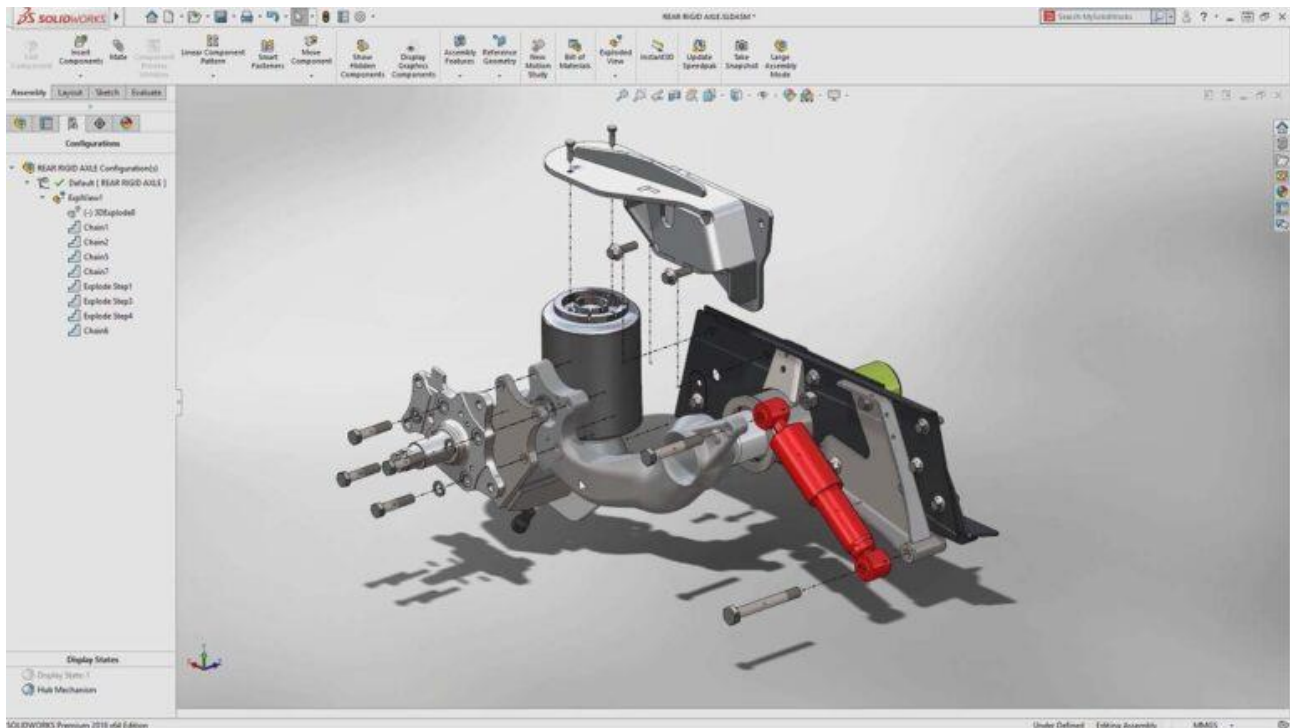
Kuvio 4. Kuvankaappaus Navisworks-mallin näkymästä. <https://www.linecad.com/navisworks-2021-direct-download-links/>

## 4.2 Solidworks

Solidworks on ranskalaisen Dassault systemes ohjelmistoyrityksen kehittämä 3D-mallinnus ohjelma. Dassault systemes on perustettu vuonna 1993 ja Solidworks ohjelman ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1995. (Solidworks n.d.)

Solidworks Ohjelmisto on mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, joka sisältää tilavuus- ja pintamallinnus työkalut. Ohjelmistoa käytetään erilaisten mallien luomiseen ja sillä pystytään myös tuottamaan mallin pohjalta 2D-piirrustuksia. Solidworksin hyödyt korostuvat mekaniikkasuunnittelussa,

sillä ohjelmalla pystyy liikesimuloimaan kappaleita. (PLM Group n.d.) Kuvio 5 havainnollistaa ohjelmistolla luotujen mallien tarkkuutta.



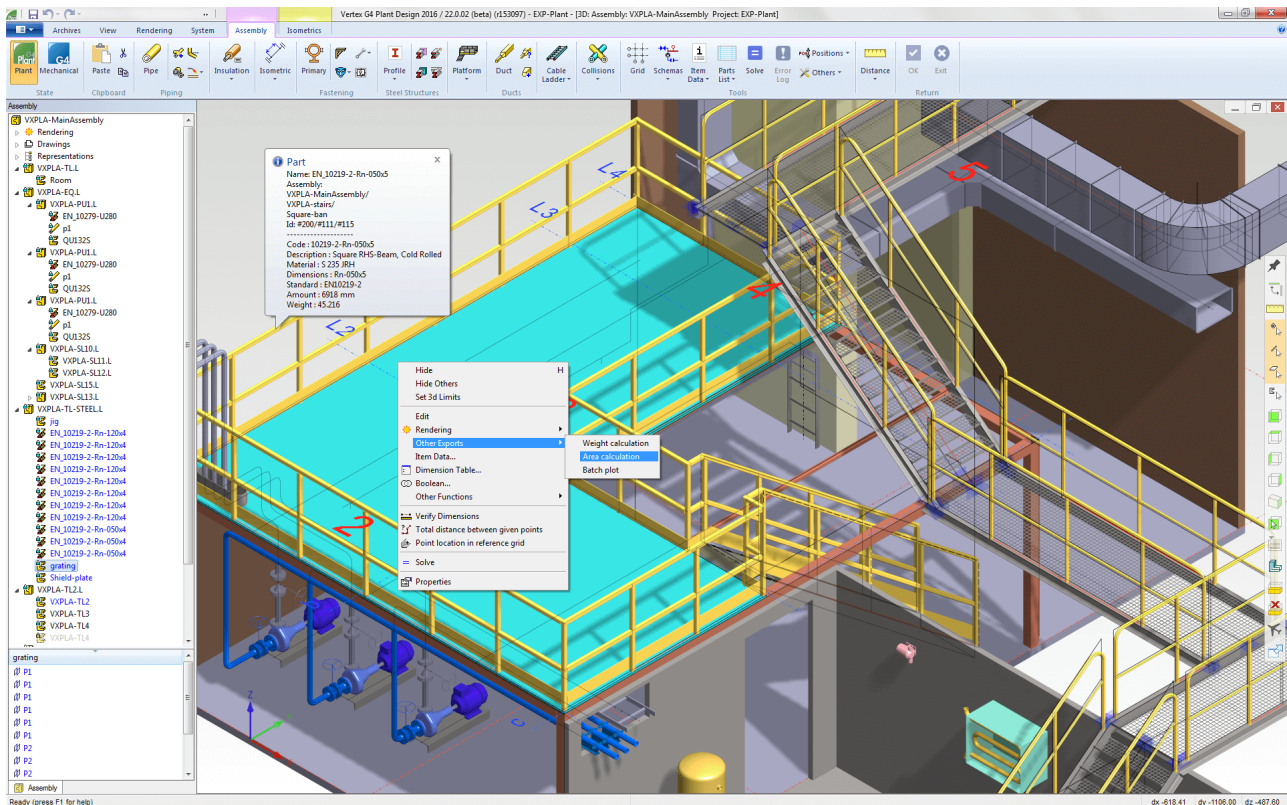
Kuvio 5. Kuvankaappaus Solidworks ohjelmiston 3D-mallista.

<https://develop3d.com/cad/solidworks-2022-tackles-speed-and-adds-hybrid-enhancements/>

### 4.3 Vertex

Vertex Oy on suomalainen maailmanlaajuisesti tunnettu ohjelmistosuunnittelua tuottava yritys. Vertexin asiakkaita ovat metalliteollisuuden kone- ja laitevalmistajat, kalusteiden valmistajat, teolliset rakentajat sekä prosessiteollisuus. Vertex tarjoaa opiskelijoille ilmaisia lisenssejä ohjelmistojen opetteluun ammattikouluille, ammattikorkeakouluille sekä yliopistoille. (Vertex n.d.)

Vertex G4 on 2D- ja 3D-suunnitteluun tarkoitettu CAD-ohjelmisto, jonka ulkoasu on esitetty kuviossa 6. Yritys kertoo, että yli 10 Gt mallit ovat mahdollisia toteuttaa ohjelmiston avulla. Yrityksen sivuilla kerrotaan myös, että ohjelmistolla pystyy tuottamaan tuotekonfigurointia, profiili- ja levyrakennesuunnittelua, 2D-piirrustuksia, lujuusanalyyskejä sekä liityntöjä muihin järjestelmiin. (Vertex n.d.)



Kuvio 6. Kuvankaappaus Vertex G4 Mallinnusohjelmiston käyttöliittymästä.

<https://vertexcad.com/g4plant/>

## 4.4 3D-tulostaminen

3D-tulostaminen tarkoittaa jonkin kappaleen kolmiulotteista mallintamista tietokoneohjelmiston avulla, josta data siirretään erilliselle tulostimelle, joka tulostaa kappaleen tulostuspinnalle erilaisista materiaaleista tursuttamalla.

Yleisin materiaali on PLA-muovi, joka on ominaisuuksiltaan lähes hajuton sekä helposti hallittavissa oleva. Sitä valmistetaan kasvien tärkistä esimerkiksi maissista, sokeriruosta tai viljoista. Biohajoavuus tekee materiaalista ympäristöystävällisen, joka on tänä päivänä tärkeä asia monelle kuluttajalle. Materiaalin heikkoutena on sen huono soveltuvuus ulkokäyttöön. Huonojen säänsieto ominaisuuksiensa vuoksi PLA-muovin kanssa käytetään usein PVA-muovia, jota käytetään kahden pursottimen tulostimissa PLA-muovin kanssa. (Suomen 3D n.d.)

Toinen yleisesti käytetty materiaali on ABS-muovi, joka on hyvin yleinen teollisuusmuovi. Se on ominaisuuksiltaan kovaa, kestävä ja kevyttä mikä tekee siitä erinomaisen moniin käyttökohteisiin.

Varjopuolena ABS-muovissa on sen tuottama haju, nano hiukkasista johtuvat haitat sekä sen korkeampi sulamislämpötila n. 240C°. Korkea sulamispiste tekee materiaalin käsittelystä haastavampaa, kuin muilla materiaaleilla. Haastavuutta korkeammassa sulamispisteessä aiheuttaa se, että materiaalin tulostus vaatii lämmitettävän tulostusalustan, joka täytyy kuumentaa noin 80C°. (Suomen 3D n.d.)

3D-tulostaminen on nostanut suosiotaan viimevuosina, kun useat eri valmistajat ovat tuoneet 3D-tulostimia ja ohjelmistoja tavallisten kuluttajien saataville. Nykyään markkinoilla on tarjolla runsaasti eri valmistajien tulostimia, sekä useita erilaisia tulostusmateriaaleja. Hinnat laitteissa on myös saatu kuluttajaystävälliselle tasolle, sillä halvimmillaan tulostimet kustantavat tänä päivänä alle tuhat euroa. (Verkkokauppa.com n.d.)

3D-tulostaminen, joka tunnetaan myös nimellä AM eli Additive Manufacturing on nouseva trendi teollisuudessa sekä yksityisten harrastelijoiden keskuudessa. (VTT n.d) mukaan 3D-tulostus vähentää teollisuudessa logistiikka ja raaka-aine kustannuksia sekä luo uusia palveluja teollisuuslalle.

## 5 PSK-Standardisointi

PSK Standardisointiyhdistys Ry eli PSK standardisointi on puolueeton, teollisuutta ja sen eri yrityksiä palveleva yhteinen kehitysalusta. PSK standardisointi sai alkunsa vuonna 1963 perustetusta Prosessiteollisuuden Standardisoimiskeskukselta. PSK standardisoinnin tarkoituksena on toimia toimintatapoja yhtenäistävänä standardikirjastona sitä käyttäville yrityksille. Standardit ovat verkossa suojattuja tavallisille käyttäjille, mutta paino versioiden hankinta on yksittäisille henkilöille mahdollista. Kaikki jäsenyritykset pääsevät standardeihin käsiksi ilman erillisiä tunnuksia verkon kautta. (Koistinen 2021.) Koistisen (2021) mukaan PSK standardeja on tällä hetkellä yli 430 erilaista yhdeksässä eri käsikirjassa. Jäsenyrityksiä PSK standardisoinnilla on yli 220, joiden yhteinen liikevaihto ylittää 66 miljardia euroa vuonna 2021 (Koistinen 2021).

PSK standardisointi nojaa vahvasti eurooppalaisiin ja kansainvälisiin standardikehyksiin. Kansainvälisenä standardisoinnin kehyksenä toimii ISO eli International Organization for Standardization. (Koistinen 2021.) ISO on merkittävä kansainvälinen standardisoija, jolla on paljon kansainvälistä vaikutusvaltaa. Se on toiminut jo vuodesta 1947 asti ja järjestöllä on omat edustajansa kustakin

maasta. Suomessa ISO:n edustuksesta vastaa standardisoimisliitto SFS, joka on PSK standardisoinnin tavoin kansallisen tason standardijärjestö (Lepistö 2021.)

PSK-standardeja käytetään mm. erilaisiin tyyppiin, asennustyyppiin, melunhallintaan, tiivisteisiin, putkistojen kannakointeihin ja paineenmittauksiin. Käsikirjat käsittelevät standardeja teollisuusjärjestelmän suunnittelun ja hankinnan, instrumenttiasennuksen, kunnonvalvonnan värähtelymittauksien, painelaitteiden hankinnan ja valmistuksen, kunnonvalvonnan sähköisten menetelmien, läpivientien, putkiluokkien sekä niiden kannakoinnin ja teollisuuseristyksien kannalta. (PSK-Standardoinnin käsikirjat n.d.)

## **5.1 PSK-standardisointi instrumentointisuunnittelussa**

Instrumentointiasennuksista on kokonaan oma käsikirjansa, jota käsitellään PSK-standardisoinnin käsikirjassa kaksi. Kirjaan on koottu noin 400 sivun verran instrumentointiasennuksien tyyppiesimerkkejä.

Käsikirjassa esiintyvät asennustavat eivät ole uusia vaan kirjaan on pyritty painamaan yleisesti käytössä olevat ja hyväksi havaitut sekä hinta-laatusuhteeltaan hyvät menetelmät instrumenttiasennuksille. Käsikirjan johdannossa myös todetaan, ettei standardit ole kovinkaan sitovia, vaan ovat sovellettavissa tarpeen vaatiessa. Perusteluina tälle on se, että asennustavat vaihtelevat teollisuusaloittain. Tarkoituksena standardeilla onkin siis toimia yhtenäistävänä pohjana eri toimijoille instrumenttiasennuksissa. (PSK-Käsikirja 2. Instrumenttiasennus 2003.)

PSK Standardisoinnin käsikirja 2 – Instrumenttiasennus esittää standardien PSK 5202, PSK 5207, PSK 5209 ja PSK 5210 mukaisia virtaus, paine, lämpötila sekä analyysi ja erikoismittauksissa käytettäviä instrumentoinnin ratkaisuja. Standardi 5208 esittelee puolestaan standardisoituja asennusratkaisuja. Näiden standardien tarkoituksena on toimia ohjeena suunnittelussa, tarjouspyyntöjen luonnissa sekä asennuksessa. Käsikirja pyrkii jäljittelemään yleisimpiä asennustilanteita ja -tyylejä, jotka ovat todettu teknisesti sekä taloudellisesti hyväksi useiden eri alan ammattilaisten keskuudessa. (PSK-Käsikirja 2. Instrumenttiasennus 2003.)

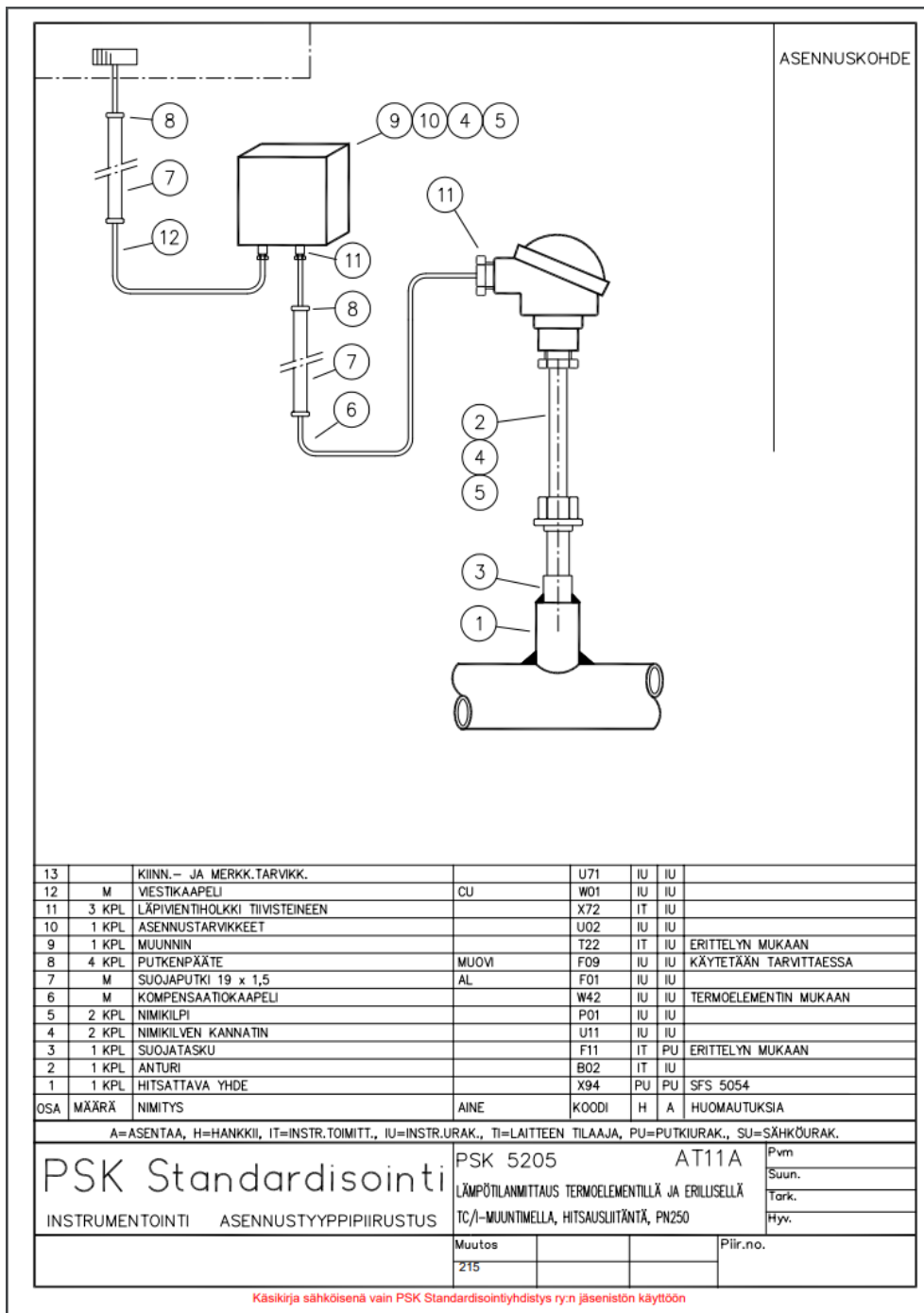


## 5.2 Mallintaminen asennustyyppikuvien perusteella

Käyttöoppaassa esitellään tapoja käyttää PSK-standardisoinnin asennustyyppikuvia osana instrumentoinnin mallinnusta. Yleensä asiakas ei halua yhtä tarkkaa mallinnusta, kuin mitä asennustyyppikuvassa esitetään. Käyttöoppaaseen on silti pyritty valitsemaan mahdollisimman yksityiskohtainen esimerkki asennustyyppikuvan perusteella mallintamisesta, koska tarpeen niin vaatiessa mallin sisältöä on helpompi karsia, kuin opetella luomaan.

Käyttöoppaassa on siis pyritty luomaan katsaus asennustyyppikuvan perusteella mallintamiseen, jotta käyttäjä osaisi soveltaa sitä tarpeen mukaan työhönsä sopivaksi. Mallintajia haastatellessa kuitenkin kävi ilmi, että pienimpien letkujen ja merkintöjen mallintaminen asennuskohteeseen on lähes aina tarpeetonta. Oppaassa onkin siis karsittu kaikkein yksityiskohtaisempia mallinnuskohteita oppaan laajuuden ja käyttäjäystävällisyyden parantamiseksi.

Esimerkkityöksi valikoitui Lämpötilamittauksen toteuttaminen termoelementillä ja erillisellä TC/I-muuntimella. Perusteena kyseisen asennustyyppikuvan valitsemiselle on sen koostuminen useasta osasta, joita pystytään hyödyntämään toisistaan irrallisena tarpeen niin vaatiessa. Asennustyyppikuva on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Lämpötilamittauksen PSK-standardisoinnin asennustyyppikuva.

Käyttöoppaassa on esitelty kaikki vaadittavat toiminnallisuudet mallintamiseen ja parametrien määrittelyyn. Esimerkkityössä käydään vaihe vaiheelta läpi kaikki toiminnot, joita tarvitaan mallin luomiseen, jotta aloittavan mallintajan olisi helpompi päästä haluttuun lopputulokseen. Mallintamisen lopputulos on esitelty kuviossa 8.



Tutkimus aloitettiin laatimalla tutkimuskysymykset, jonka jälkeen haastattelulomake lähetettiin suostumustiedusteluineen haastateltaville valmistautumista varten. Haastattelulomakkeen lisäksi viesti sisälsi haastattelijan esittelyn, opinnäytetyön aiheen sekä sen mihin tutkimusta käytetään.

Lomakkeitten lähetyksen jälkeen sovittiin keskusteluaika ja suoritettiin kysymysten läpikäynti eli varsinainen haastattelu. Haastattelu käytiin läpi Teamsin välityksellä välimatkojen ja vallitsevan koronatilanteen vuoksi. Kokouksessa kysymykset käytiin yksitellen läpi haastattelijan johtamana, jonka johdosta kuhunkin kysymykseen oli helpompi syventyä.

Kysymyksien ohessa käytiin läpi myös paljon arvokasta keskustelua perehdytykseen ja ohjelman käyttöön liittyen, jota pystyttiin hyödyntämään käyttöoppaan luonnissa. Annetut vastaukset täydennettiin lomakkeisiin näytönjako päällä, jotta väärinymmärryksiin olisi helpompi puuttua niiden ilmaantuessa. Lopuksi haastateltavaa kiitettiin ajasta ja lomake tallennettiin myöhempää analysointia varten.

Kaikki tutkimushaastatteluun osallistuneet olivat toimeksiantajan eli Rejlers Finland Oy:n työntekijöitä. Kaikilla oli myös vaihteleva määrä nimenomaisen AVEVA E3D:n käyttökokemusta. Haastateltavien henkilöllisyyttä ei tallennettu.

## **6.2 Tutkimuksen tulokset**

### **Kuinka kauan olet käyttänyt AVEVA E3D:tä?**

Vastanneiden kesken yhtäjaksoinen ohjelman käyttö on kestänyt keskimäärin noin 9 kuukautta. Hajonta käyttökokemusajassa vaihteli kahdesta kuukaudesta puoleentoista vuoteen. Tämän kysymyksen vastaukset luovat hyvät perusteet tulevien kysymyksien ja niiden vastausten arvolle käyttöoppaan kehityksen näkökulmasta.

### **Millaisen perehdytyksen sait ohjelmiston käyttöön?**

Kukaan vastanneista ei ollut saanut ohjelmiston käyttöön varsinaista koulutusta. Myöskään perehdytyksessä ei ole ollut käytössä juuri minkäänlaista tukimateriaalia. Käytännössä ohjelman käytön

opiskelu on tapahtunut kauemmin mallinnusta tehneen suunnittelijan opastuksella. Opettelu on siis ollut jonkin tietyn työtehtävän suorittamista avustettuna. Ongelmatilanteita kohdatessa mallintajat ovatkin siis joutuneet kysymään neuvoa kokeneemmalta mallintajalta.

Tämän tutkimuskysymyksen tulokset puoltavat käyttöoppaan tarpeen merkitystä yrityksessä. Käyttöopas toimisi erinomaisena apuna aloittavalle mallintajalle, jotta jokaista kohtaa ei tarvitsisi joko päätellä tai siihen ei tarvitsisi käyttää toistuvasti muiden mallintajien aikaa.

### **Minkälaisia töitä olet tehnyt AVEVA E3D:llä?**

Tällä kysymyksellä pyritään kartoittamaan vastaajien osaamista ja työtehtävien painottumista. Vastauksia pystytään hyödyntämään käyttöoppaan sisällön määrittelyssä. Vastaajien yleisimmät työtehtävät olivat kaapelihylly-, kotelo- ja kannakemallinnus sekä 2D-sijoituskuviin luonti ja tulos. Näiden vastauksien perusteella pystyttiin rakentamaan käyttöoppaaseen yleisimpiä työtehtäviä vastaavia esimerkkejä.

### **Minkä 2D-kuvien luontiin liittyvän asian olet kokenut epäselvimmäksi sovellusta käyttäessäsi?**

Käyttöoppaan teoriaosuus suunniteltiin etukäteen jaettavaksi kahteen pääotsikkoon, joita ovat sovelluksen Model-moduuli ja Draw-moduuli. Tämän vuoksi haastatteluun tuotiin erikseen kysymykset liittyen 2D-kuviin ja mallinnukseen.

Ilmenneitä haasteita 2D-kuvien luonnissa olivat kynäasetuksien määrittely, poikkileikkauskuvien luonti, ohjelman epäintuitiivinen käyttöliittymä sekä hierarkioiden epäselvyys ja hitaat päivitysajat. Vastauksiin perustuen erityisesti hierarkiarakenteeseen sekä käyttöliittymän selkeytykseen pyrittiin käyttöoppaassa paneutumaan syvällisesti.

### **Minkä mallintamiseen liittyvän asian olet kokenut epäselvimmäksi sovellusta käyttäessäsi?**

Mallintamiseen liittyvissä ongelmassa vastaajilla ei ollut mitään yksittäistä selkeää ongelmakohtaa. Kysymykseen saatiin kuitenkin pitkiä vastauksia, joita pyrittiin hyödyntämään käyttöoppaan sisäl-

lössä. Koettuja ongelmakohtia olivat mm. Mekan hyllykomponenttien epäintuitiivisen nimeäminen, välikoordinaatiston mukainen kappaleiden siirto sekä trigonometrian hyödyntäminen siirroissa. Lisäksi vastanneet toivoivat graafisen käyttöliittymän käytön selvennystä.

Vastauksien perusteella käyttöoppaaseen tuotiin esimerkkejä Mekan hyllykomponenttien käytöstä, sekä välikoordinaatiston mukaisista kappaleiden siirroista. Lisäksi graafista käyttöliittymää on selvennetty oppaassa käytännön esimerkkien kautta.

### **Onko ohjelman käytössä jotain muita toistuvia ongelmia, joihin toivoisit selvitystä?**

Kysymyksellä pyrittiin kartoittamaan ohjelmistoympäristöön yleisesti liittyviä ongelmia, joihin käyttäjät toivoisivat saavansa selvitystä. Enemmistö vastaajista koki ongelmaksi ohjelman kaatumisen sekä todella pitkät päivitysajat 2D-sijoituskuvia päivittäessä.

Vastauksissa ongelmaksi koettuihin käytön tehokkuutta parantaviin toimintoihin pyrittiin vastaamaan oppaassa erityisesti makroja ja hakutyökalua hyödyntämällä. Vastauksiin perustuen oppaaseen tuotiin esille kaatumista ennaltaehkäiseviä toimia. Kuitenkaan ohjelman kaatumiseen liittyviin ongelmiin ei pystytty oppaassa suuremmin puuttumaan, sillä ongelmat johtuvat suurista mallien tietokannoista sekä toisinaan verkkoyhteyteen tai palvelimeen liittyvistä ongelmista.

### **Mitä neuvoja antaisit mallinnusta aloittavalle itsellesi?**

Tällä kysymyksellä pyrittiin kartoittamaan, mitkä asiat mallintajat kokevat tärkeiksi omaksua mallinnusta aloittaessa. Vastaukset kysymykseen olivat lyhyitä eikä niistä pysty yhdistämään mitään yksittäistä hyödynnettävää asiaa. Kuitenkin koulutusmateriaalin ja syvällisemmän perehdytyksen puute vaivasi monia. Käyttöoppaalla pyritään vastaamaan osaltaan juuri edellä mainittuihin puutteisiin.

**Koetko että sähkö- ja instrumentointimallinnukseen räätälöidystä sovelluksen käyttöoppaasta olisi ollut sinulle hyötyä mallinnusta aloittaessasi?**

Tällä kysymyksellä pyrittiin kartoittamaan mallintajien näkemystä käyttöoppaan tarpeelle. Vastajista jokainen oli sitä mieltä, että käyttöopas olisi ollut avuksi mallintamista opeteltaessa. Vastaukset antavat hyvät perusteet opinnäytetyön aiheelle eli käyttöoppaan tärkeydelle ja tarpeelle yrityksessä.

### **Muita ehdotuksia käyttöoppaan sisältöön liittyen?**

Tällä kysymyksellä pyrittiin tiedustelemaan mallintajien toiveita ja sisältöehdotuksia käyttöoppaaseen yleisellä tasolla. Kysymys tuotti paljon hyviä ehdotuksia, joista hyödynnettäviksi menivät selkeyteen ja helppolukuisuuteen liittyvät asiat.

Selkeyttä ja helppolukuisuutta parantavia asioita olivat mm. käytännön esimerkkien tuonti oppaaseen sekä yleisien kommentojen luettelomainen esitys. Osalla vastanneista toiveena oli mm. videoesimerkkien käyttö, mutta opinnäytetyön luonteesta ja aikamäärän rajallisuudesta johtuen videoehdotukset jäävät jatkokehitystä varten odottelemaan.

## **7 Mallinnohjelman käyttöopas**

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli luoda AVEVA E3D mallinnohjelman käyttöopas. Käyttöoppaasta pyrittiin tekemään helposti ymmärrettävä, jotta vastavalmistunut tai aikaisempaa mallinnokokemusta omaamaton suunnittelija pystyisi hyödyntämään opasta helposti perehdytyksen tukena. Tässä kappaleessa käsitellään käyttöoppaan luomisprosessia, rakennetta ja sen sisältöä siinä määrin, kun se salassapidon puolesta on mahdollista.

Opas alkaa johdattelulla, joka sisältää ohjelman yleistietoa ja käyttöoppaan rakennetta. Johdannon jälkeen oppaassa kerrotaan ohjelmiston käyttöönotosta ja virtuaalikoneen käytöstä. Oppaan varsinainen teoriaosuus on jaettu kahteen pääkappaleeseen, joita ovat ohjelman Model eli mallinno-moduuli ja Draw joka on ohjelman 2D-tulostukseen käytettävä moduuli. Oppaassa pyrittiin alussa luomaan laaja katsaus ohjelman yleiskäyttöön ja ominaisuuksiin teoreettisesti sekä kuvaesimerkein.

Teorian lisäksi käyttöoppaassa on esitetty useita eri työvaiheita esimerkkeineen. Valittuja esimerkkitoita ovat mm. kaapelihyllymallinnus, 2D-sijoituskuvien luonti, Navisworks-mallin luonti sekä instrumenttimallinnus PSK-standardisoinnin asennustyyppikuviin perustuen.

## **7.1 Käyttöoppaan luominen**

Käyttöoppaan luominen aloitettiin määrittelemällä oppaan laajuutta ja sisältötavoitteita yhdessä toimeksiantajan ja yrityksen opinnäytetyöohjaajan kanssa. Luomisessa käytettiin apuna haastattelutkimusta, sekä kirjallisuutta.

Kirjallisuutena käyttöoppaan käytettävyyteen liittyen käytettiin I. Sinkkosen, H. Kuoppalan, J. Pakarisen ja R. Vastamäen kirjaa Käytettävyyden psykologia. Kirja avaa käytettävyyttä, sen helpottamista ja käyttäjän huomiokykyä käyttäjän näkökulmasta laajasti. Kirja on suunniteltu käyttöliittymien ja käytettävyyden ammattilaisille, tuotetestaajille sekä laatuvaikuttajille sekä niitä aloja opiskeleville. Kirja antaa lukijalle avaimia lähestyä ohjelmistoa uuden käyttäjän näkökulmasta. Kirja oli erityisen hyödyllinen johtuen käyttöoppaan kirjoittajan laajasta ja rutinoituneesta osaamisesta ohjelmistoon liittyen.

Kun luodaan käyttöopasta sovellukseen, jota oppaan luoja on itse aktiivisesti käyttänyt tai luonut saattaa tekijä sokaistua monille elementeille siitä syystä, että ohjelmistoa havainnoi eri tavalla kuin ensikertaa ohjelman avannut käyttäjä. Tähän ongelmaan pyrittiin vastaamaan käytettävyyden psykologiaan perehtymisellä.

## **7.2 Käyttöoppaan sisältö**

Käyttöoppaan teoriaosuus jaettiin kahteen pääkappaleeseen, jotka käsittelevät ohjelman Draw ja Model osuuksia. Lisäkappaleina on mm. erilaisia käytännön esimerkkitoita, joita pystyy harjoittelemaan teoriaosuuden läpikäynnin jälkeen. Käyttöoppaan sisällysluettelon teoriaosuus eli pääkappaleitten muodostuminen on esitetty kuviossa 9.



## AVEVA E3D MALLINNUSOHJELMAN KÄYTTÖOPAS

### Sisällys

AVEVA E3D Mallinnusohjelman Käyttöopas.....	1
1 Aveva E3D ohjelmistokokonaisuus.....	3
2 Ohjelman käyttöönotto.....	3
2.1 3D Engineering Desktop.....	3
2.2 Tietokannan ja moduulin valinta.....	3
3 Draw eli 2D-Layout tulostus.....	7
3.1 Käyttö ja ulkoasu.....	7
3.2 Draw-hierarkia ja tiedostotyytit.....	8
3.2.1 Layout kuvien tyypillinen ylärakenne.....	8
3.2.2 Layout kuvien tyypillinen alarakenne.....	10
3.2.3 Drawin Model-hierarkia.....	12
3.3 Komentorivi.....	13
3.3.1 Hierarkiassa liikkuminen.....	13
3.3.2 Kyselyt.....	13
3.3.3 Muut hyödylliset komennot.....	13
3.4 Hakutyökalu.....	14
3.5 Usean kuvan muokkaaminen hakutyökalua hyödyntäen.....	14
3.6 ID-listojen luonti.....	17
3.7 Leikkauspintojen määrittely.....	19
4 Model eli 3D-mallinnus.....	22
4.1 Käyttö ja ulkoasu.....	22
4.2 Mallin hierarkia.....	23
4.3 Komennot.....	26
4.4 Clip työkalu.....	27
4.5 Navisworks-mallin luonti.....	29

Kuvio 9. Käyttöoppaan sisällysluettelon kappaleet 1-4.

Ensimmäisen kappaleen tarkoituksena on käyttäjän johdattaminen ohjelmiston käyttöönottoon ja ohjelmistoympäristöön. Kappaleessa on myös kerrottu käyttöoppaan sisällöstä ja tarkoituksesta.

Toisessa kappaleessa on käsitelty virtuaalikoneeseen sekä lisensseihin liittyviä asioita sekä opastettu tiedonsiirron tekeminen virtuaalikoneelta tietokoneen muistiin. Lisäksi kerrotaan perustietoa ohjelmistosta, sen avaamisesta, käytöstä, pikalinkeistä sekä opastetaan tietokannan ja ohjelmistomodulin valinnat.

Kolmas kappale sisältää Draw-moduulin varsinaisen teoriaosuuden ja neljäs kappale käsittelee Model-moduulin teoriaosuutta. Teoriaosuuksien rakenne on melko samankaltainen. Eroavaisuuksia ovat kappaleet moduulien työkaluista, jotka luonnollisestikin ovat keskenään erilaisia.

Käyttöoppaan teoriaosuuden jälkeen opas jatkuu esimerkkitoita käsittelevillä kappaleilla. Esimerkkityöt on pyritty rakentamaan niin että lähes kaikki töissä tarvittava tietoperusta ja työkalujen käyttö ovat avattuna edeltävissä teoriaosuuksissa. Esimerkkityöt on esitetty sisällysluettelon avulla kuviossa 10.

5	Instrumentoinnin mallinnus PSK-standardisoinnin asennustyyppikuvia hyödyntäen.....	30
5.1	PSK-Standardisointi.....	30
5.2	PSK-standardisointi instrumentointisuunnittelussa.....	31
5.3	Esimerkki asennustyyppikuvan perusteella mallintamisesta.....	31
6	Kaapelihyllymallinnus.....	39
6.1	Kaapelihyllystandardin valinta.....	39
6.2	Kaapelihyllyn luonti.....	40
6.3	Hyllykomponenttien tyypit.....	47
7	2D-sijoituskuva luonti.....	47
7.1	Instrumenttisijoituskuva.....	48
8	Makrot.....	56
8.1	Makrojen luonti.....	57
	Liitteet.....	60
	Liite 1. Opinnäytetyö AVEVA E3D:n mallinnusohjelman käyttöopas.....	60

Kuvio 10. Käyttöoppaan sisällysluettelon kappaleet 5-8.

Esimerkkitoiksi valikoitui PSK-Standardisoinnin asennustyyppikuvien perusteella mallintaminen, josta on kerrottu laajemmin kappaleessa 5. Esimerkkitoiksi valittiin myös kaapelihyllymallinnus sekä 2D-sijoituskuva luonti, jossa esimerkkinä instrumenttisijoituskuva. Instrumenttisijoituskuva valinta esimerkkityöksi on perusteltua sen monimutkaisuuden vuoksi verrattuna muihin sijoituskuviin.

Viimeisessä kappaleessa käsitellään makrojen luontia esimerkin kautta. Makroja luodaan nopeuttamaan työvaiheita ja käytännössä ne koostuvat komennoista ja hierarkiaviittauksista, joita luo-

daan hakutyökalun ja Excelin avulla. Esimerkissä on käyty vaihevaiheelta läpi usean kuvan otsikko-  
taulutietojen muuttaminen kerralla. Makrot ovat merkittävä työtehokkuutta lisäävä tekijä ohjel-  
miston käytössä, joiden avulla voidaan säästää useita tunteja työaikaan toistavissa työtehtävissä.

## **8 Opinnäytetyön tulokset**

### **8.1 Asetetut- ja saavutetut tavoitteet**

Käyttöoppaalle asetettuja tavoitteita olivat sen soveltuvuus perehdytykseen ja se että se palvelisi  
ensisijaisesti instrumentointisuunnittelijoita. Tutkimuksen kautta tavoitteiksi otettiin tiettyjen työ-  
kalujen esittely, helppolukuisuuteen panostaminen sekä käytännön esimerkit. Lisätavoitteena oli  
myös luoda mallinnusesimerkki PSK-Standardisoinnin asennustyyppikuvasta.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin ohjelmiston 60-sivuinen käyttöopas. Ohjelmiston laajuudesta  
huolimatta asetetut tavoitteet täyttyivät hyvin. Helppolukuisuuteen on pyritty vastaamaan hyvällä  
rakenteella sekä jäsentelyllä. Keskeisimmät työkalut on esitelty esimerkkiteiden ja teorian avulla.  
Lisäksi uutena innovaationa saatiin luotua myös PSK-Standardisoinnin asennustyyppikuvien perus-  
teella mallintamisen esimerkkityö.

Toimeksiantaja oli lopputulokseen tyytyväinen ja käyttöopasta tullaan jatkokehittämään mahdoli-  
sesti mallinnustiimin toimesta hyvänä alustana jakaa tietoa mallintajalta toiselle. Varsinaista tes-  
tausvaihetta ei olla vielä päästy kuitenkaan toteuttamaan, mutta toimeksiantaja arvioi oppaan ole-  
van varmasti hyödyksi.

Käyttöopas tuli toimeksiantajalle todelliseen tarpeeseen ja hyödyt ovat väistämättömät aiempien  
perehdytysmateriaalien puuttumisen vuoksi. Myös muiden mallintajien mielipiteet käyttöop-  
paasta ja sen tarpeesta puoltavat käyttöoppaan tarpeellisuutta.

### **8.2 Tietoperusta ja lähteet**

Opinnäytetyön tietoperusta on rakennettu käsittelemään 3D-mallinnusta yleisemmällä tasolla. Li-  
säksi katsausta luodaan opinnäytetyön keskiössä olevan ohjelmiston samankaltaisiin vaihtoehtoi-

hin. Peli- ja elokuvateollisuuden mallinnusohjelmat on jätetty käsittelemättä, sillä ne eivät suoraan koske insinöörisuunnittelijoiden 3D-mallintamista. Opinnäytetyön tietoperustaa luovat myös PSK-Standardisointi, jonka pohjalta luotiin käyttöoppaaseen mallinnusesimerkki.

Käyttöoppaaseen tietoperusta on rakentunut pitkäaikaisen työskentelyn kautta kyseisen ohjelmiston parissa. Käyttöopas ei itsessään sisällä juuri lähteitä, koska opas rakentuu pitkälti ohjelman käytön ympärille. Käyttöoppaassa näytetyt esimerkit etenevät vaihe vaiheelta ja ne ovat helposti todennettavissa kyseisessä ohjelmistoympäristössä.

Opinnäytetyön tietoperustassa on käytetty pääasiassa ulkomaisia lähteitä aiheen ollessa suomessa vielä melko uusi. Lähteistä iso osa on verkkojulkaisua, sillä kirjallisuutta 3D-mallintamisesta ja erityisesti 3D-mallintamisesta sähkö- ja instrumentointisuunnittelussa on saatavilla niukasti. Lähdekriittisyyteen pyrittiin varmistamalla käytettyjen lähdesivustojen taustat ja mahdolliset niiden sisältämät lähdeviittaukset. Kuitenkaan kaikista lähteistä ei ollut saatavilla lähdeviittauksia tutkimuksiin, joten pieni osa lähteistä jäi tapauskohtaisen ja kriittisen arvioinnin varaan.

### **8.3 Puutteet ja jatkokehitys**

Käyttöopas luotiin erittäin laajasta ohjelmistokokonaisuudesta, joten on väistämätöntä, että kaikkea ei pysty yhden opinnäytetyöprosessin aikana sisällöksi tuottamaan. Käyttöoppaan luonti olikin jatkuvaa tasapainottelua liian syvällisen ja liian pinnallisen välillä. Käyttöoppas päädyttiin tästä huolimatta kirjoittamaan mahdollisimman laajasti, jotta vähintään kaikki välttämätön tulisi esitellyä aloittavalle instrumentointimallintajalle.

Varsinaisia puutteita käyttöoppaan luojan näkökulmasta olivat väriasetusten määrittelyn syvämpi esitys sekä kaapelihyllysijoituskuvan luonti. Väriasetuksista on mainintaa ainoastaan instrumenttisijoituskuvan luontia käsittelevässä kappaleessa, mutta aiheesta voisi olla olemassa oma kappaleensa Draw eli 2D-tulostuksen teoriaosuutta käsittelevässä kappaleessa.

Toisena havaittuna puutteena oleva kaapelihyllysijoituskuvan luonti jäi puuttumaan ajan käytön rajallisuuden vuoksi. Sijoituskuviin luontia käsittelevässä kappaleessa priorisoitiin instrumenttisijoituskuva ennen kaapelihyllysijoituskuva johtuen toimeksiantajan toiveesta painottaa oppaassa instrumentointisuunnittelua. Esimerkkinä instrumenttisijoituskuvan luonti on kuitenkin hyvä,

sillä se monimutkaisuudessaan tarjoaa eväitä myös sähkö- ja kaapelihyllysijoituskuvien luontiin. Kuitenkin jatkokehitystä ajatellen olisi hyvä, jos hyllyn luonnistakin olisi oma esimerkkinsä.

Jatkokehitykseksi on suunniteltu käyttöoppaan kehittämistä perehdytyksistä saadun palautteen mukaan. Ajatuksena on myös ollut käyttöoppaan käyttäminen tiedonjakoon mallinnustiimin kesken. Käyttöopas tarjoaa esimerkkiteiden lisäämiselle hyvän pohjan teoriaosuuden vuoksi.

Mielenkiintoinen tutkimuksessa ilmennyt jatkokehitysehdotus oli videoesimerkkien luonti työvaiheista. Videot ovat nykyaikainen ja tehokas tapa välittää informaatiota erityisesti mallinnusohjelman kaltaisia ympäristöjä varten. Käyttöopasta luodessa huomattiin, että monet työvaiheet olisivat selkeämpiä selittää auki videon keinoin.

## Lähteet

Architektonix. The shortest history of architectural model making. Verkkoartikkeli. N.d. Viitattu 28.10.2021. <https://www.architektonix.com/model-making/history-of-modeling/>

Astbury, J. Architects do it with models. The Architectural Review. Verkkoartikkeli. Julkaistu 25.2.2014. Viitattu 28.10.2021. <https://www.architectural-review.com/essays/architects-do-it-with-models-the-history-of-architecture-in-16-models>

Autodesk. n.d. Navisworks ominaisuudet. Yrityksen verkkosivu. Viitattu 15.12.2021. <https://www.autodesk.fi/products/navisworks/features>

Autodesk. n.d. Corporate info. Yrityksen verkkosivu. Viitattu 15.12.2021. <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

Conover, E. The Future of 3D Development. Verkkoartikkeli. Julkaistu 19.3.2020. Viitattu 4.12.2021. <https://circuitcellar.com/insights/tech-the-future/the-future-of-airborne-security-2/>

Kajala, J. 3D-taidot ovat tulevaisuuden taitoja. Artikkeliverkossa. Julkaistu 25.01.2017. Viitattu 26.11.2021. <https://hundred.org/en/articles/3d-taidot-ovat-tulevaisuuden-taitoja>

Koistinen, J. Julkaistu 18.8.2021. Powerpoint PSK-esitys-2021. PSK-Standardisoinnin esittely. Lattavissa PSK:n verkkosivuilta. <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK-esitys-2021.pptx>

Lepistö, O. Julkaistu 28.3.2021. EnviroVet. Mikä ihmeen ISO-standardi? Blogiteksti. Viitattu 19.11.2021. <https://www.envirovet.fi/2018/03/28/iso-standardi/>

PLM Group. N.d. Solidworks 3D CAD. Yrityksen verkkosivut. Viitattu 19.12.2021. <https://plm-group.fi/ohjelmistot/solidworks-3d-cad/>

POF Visuals. 16.1.2019. 3D-mallinnus näkyy jo kaikkialla. Verkkoartikkeli. Viitattu 12.12.2021. <https://pofvisuals.fi/3d-mallinnus-nakyy-jo-kaikkialla/>

Prus, I. Archicgi: What is 3d Modelling? Thing You've Got to Know Nowadays. Julkaistu 2.8.2016. Viitattu 28.10.2021. <https://archicgi.com/product-cgi/3d-modeling-things-youve-got-know/>

PSK-käsikirja 2. Instrumenttiasennus. 2. painos. Julkaistu 8.2003. Työryhmä 52/1. Lindman, P & Heikkinen, M & Kettunen, S & Kähkölä, M & Okkonen, M & Viitanen, T & Viertävä, J.

PSK-Standardisoinnin käsikirjat. N.d. Luettelo kaikista PSK-Standardisoinnin julkaisuista. Verkkosivu. Viitattu 19.11.2021 <https://psk-standardisointi.fi/kasikirjat/>

Rollings, D. The future of 3D-modelling. Verkojulkaisu. Viitattu 26.11.2021. N.d. <https://garage-farm.net/blog/the-future-of-3d-modeling>

Solidworks. N.d. Company Information. Yrityksen verkkosivu. Viitattu 19.12.2021. [https://www.solidworks.com/sw/183\\_enu\\_html.htm](https://www.solidworks.com/sw/183_enu_html.htm)

Suomen 3D. N.d. Tietoa materiaaleista. Verkkartikkeli. Viitattu 20.11.2021 <https://www.suomen3d.fi/tietoa-materiaaleista/>

The importance of 3D Modeling in desing. 20.5.2020. Sebago Technics. Verkkojulkaisu. Viitattu 8.12.2021 <https://www.sebagotechnics.com/blog/importance-of-3d-modeling/>

Ufo3D. History of 3D Modelling: From Euclid to 3D-Printing. Verkkartikkeli. Julkaistu 14.6.2019. Viitattu 4.12.2021. <https://ufo3d.com/history-of-3d-modeling/>

Verkkokauppa.com. N.d. Verkkokaupan myynnissä olevat 3D-tulostimet. Viitattu 01.12.2021 <https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/6627c/3D-tulostimet>

## **Liitteet**

**Liite 1. AVEVA E3D Mallinnusohjelman käyttöopas (Salassa pidettävä).**