



# Sähkösuunnittelun 3D-mallinnus AVEVA E3D™:llä

Mila Aaltonen

Opinnäytetyö, AMK

Lokakuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

**Aaltonen, Mila**

## **Sähkösuunnittelun 3D-mallinnus AVEVA E3D™:llä**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Lokakuu 2021, 39 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö (AMK).

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda työohjeistus sähkösuunnittelun 3D-mallinnukseen AVEVA E3D:llä. Pääpaino opinnäytetyössä on kaapelihyllyissä. Kehitystyönä opinnäytetyöprosessin ohella haluttiin päivittää AVEVA E3D -projektitietokannat kirjastoineen siten, että suunnitteluohjelmasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty irti. Opinnäytetyön toimeksiantaja on AFRY Finland Oy.

Opinnäytetyö on toteutettu pohjautuen kirjoittajan käytännön kokemukseen, teollisuuden suunnittelijoiden kehitysideoihin sekä toimeksiantajan tarpeisiin. Työn päälähde on Avevan omat materiaalit. Lähteinä on käytetty myös esimerkiksi toimeksiantajan koulutusmateriaaleja.

Opinnäytetyöprosessi alkoi AVEVA E3D -verkkokurssista. Samalla opinnäytetyön kirjoittaja työskenteli AFRY Finland Oy:n asiakasprojekteissa 3D-mallintajana. Raportointisuosus alkoi Opinnäytetyön kirjoittaminen -kurssin ohella pohjautuen kirjallisiin lähteisiin. Työohjeistusosuus hahmottui käytännön kokemuksen myötä. Kehitystyö vaati puolestaan palaverien pitämistä ja yhteydenottoja mm. Aveva Plant Supportille ja Meka Pro Oy:lle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi raportti, sekä toimeksiantajalle omana kokonaisuutenaan kasattu työohje sähkösuunnittelun 3D-mallinnukseen AVEVA E3D:llä. Samalla projektitietokantojen päivitystarve kartoitettiin, ja lähetettiin pyyntö eteenpäin järjestelmän ylläpitäjälle (administraattorille). Opinnäytetyön kirjoittaja päteväytyi opinnäytetyöprosessin aikana toimimaan 3D-sähkösuunnittelijana.

### **Avainsanat (asiasanat)**

3D-sähkösuunnittelu, AVEVA E3D

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

-

**Aaltonen, Mila**

### **Electrical Designing in 3D on AVEVA E3D™**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, October 2021, 39 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 purpose of the thesis was to create the instruction to electrical designing in 3D on AVEVA E3D. The thesis focuses on cable trays. AVEVA E3D project databases wanted to be updated along with the working process in order to get as much advantage from the designing software as is possible. Mandator of the thesis is AFRY Finland Oy.

The thesis was carried out based on the writer's practical experience, industry designer's development ideas and the mandator's needs. The source of information consists for the most part of Aveva's materials and for example the mandator's training material.

The working process started with AVEVA E3D online course. At the same time the writer of the thesis worked on the projects of AFRY Finland Oy's client as a 3D designer. The reporting part started alongside the Thesis writing -course. The instruction part was formed when receiving practical experience. Updating the databases required having meetings at work and contacting Aveva Plant Support and Meka Pro Oy.

The outcome of the thesis was the report and a separate instruction manual, which the mandator's employees can exploit. In the process, the need for updating databases was cleared and the updating request was sent to the administrator. The writer of the thesis was qualified to do to electrical designing in 3D.

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

Electrical Designing in 3D, AVEVA E3D

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

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
1.1	Opinnäytetyön tavoite, motiivi ja sisältö .....	3
1.2	Opinnäytetyön lähteet .....	4
1.3	Toimeksiantaja .....	5
<b>2</b>	<b>AVEVA E3D™ .....</b>	<b>6</b>
2.1	Yleisesti.....	6
2.2	Model-moduuli.....	7
2.3	Draw-moduuli.....	10
<b>3</b>	<b>Navisworks .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>3D-mallintaminen AVEVA E3D:llä .....</b>	<b>12</b>
4.1	Mallinnusta tukevia toimintoja .....	12
4.2	Komponenttien ja laitteiden mallinnus .....	15
4.3	Valmiin mallin käsittely .....	26
<b>5</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>34</b>
5.1	Opinnäytetyön lähtökohdat .....	34
5.2	Opinnäytetyön lopputulos .....	35
	<b>Lähteet .....</b>	<b>38</b>

## Kuviot

Kuvio 1	AVEVA E3D näkymä, Model-moduuli, CABLE TRAY-sovellus .....	7
Kuvio 2	Hierarkian rakenne.....	9
Kuvio 3	Draw-moduuli. ....	10
Kuvio 4	Navisworks käyttöliittymä.....	11
Kuvio 5	Clip-toiminto. ....	13
Kuvio 6	Komponentit Navisworksissa. ....	14
Kuvio 7	Branch. ....	17
Kuvio 8	Kulmakappaleiden lisääminen. ....	18
Kuvio 9	Valmis hyllymallinnus.....	19
Kuvio 10	Pystysuuntaisten kaarteiden lisääminen. ....	20
Kuvio 11	Move Advanced. ....	21
Kuvio 12	Valmis hyllymallinnus.....	21

Kuvio 13 Kannakekomponentin lisääminen.....	22
Kuvio 14 Valmis hyllykannake.....	23
Kuvio 15 Sähkökaapin mallintaminen.....	25
Kuvio 16 Column Setup.....	26
Kuvio 17 Listan suodattaminen.....	27
Kuvio 18 Tulostettu Excel-taulukko. ....	27
Kuvio 19 Export-formi.....	29
Kuvio 20 Hyllykannakkeet-esimerkin malli nostettuna Navisworksiiin.....	30
Kuvio 21 Drawlist Management.....	32
Kuvio 22 Kaapelihyllyn tasokuva.....	33

## **Käsitteet**

administraattori – AVEVA E3D -järjestelmän ylläpitäjä

elementti – hierarkian osakappaleita/3D-näkymän komponentteja

hierarkia – ts. arvojärjestys

MDB – kokoelma tietokantoja, jotka on linkitetty yhteen, vaatii käyttäjältään käyttöoikeudet

projektitietokanta – tiettyä projektia/projekteja varten luotu tietokantakokonaisuus, kts. MDB

spekki – engl. specification, suora suomennos = määrittely

taso – hierarkia koostuu tasoista, eli arvojärjestykseltään erisuurista elementeistä

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tavoite, motiivi ja sisältö

3D-mallintamisen merkitys suunnittelu-yhtiöissä on kasvanut suureksi. 3D-mallinnuksen avulla eri toimialojen suunnitelmat saadaan tuotua yhteen, ja luotua havainnollistava ja realistinen kuva kohteesta, kuten esimerkiksi paperitehtaasta. Kolmiulotteinen malli mahdollistaa myös lopputuloksen tarkastelun etukäteen, ja näin ongelmien havaitseminen ja ennakointi helpottuu. Hyöty on sitä suurempi, mitä tarkempi malli on. (3D-mallinnus näkyy jo kaikkialla 16.1.2019.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työohjeistus, jonka avulla sähkösuunnittelun 3D-mallinnusta pystytään toteuttamaan mahdollisimman tehokkaasti AVEVA E3D -ohjelmalla. Samalla opinnäytetyön kirjoittaja koulutettiin sähkösuunnittelun 3D-osaajaksi. Aihe valikoitui pohjautuen toimeksiantajan AFRY Finland Oy:n Jämsän toimiston tarpeisiin, sekä opinnäytetyön kirjoittajan mielenkiintoon 3D-suunnittelua kohtaan. Työohjeistuksen toteuttamisen ohella oli tarkoituksena selvittää, kuinka AVEVA E3D -ohjelmasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty irti. Etukäteen tiedossa olleita puutteita oli mm. projektitietokantojen komponenttikirjastoissa. Lisäksi mallia haluttiin tarkentaa tuomalla sinne esimerkiksi kaapelihyllykannakkeet, joita ei ole aikaisemmin pystytty mallintamaan.

Opinnäytetyön kirjoittamisprosessin rinnalla opinnäytetyön kirjoittaja osallistui kahden tehtaan laajennus- ja muutosprojektin 3D-suunnitteluun. Kehitysideat ja havainnot on tehty kyseisten tehtaiden projektitietokantoihin perustuen. Raportin työohjeistukset on kuitenkin pyritty pitämään yleispätevinä.

## 1.2 Opinnäytetyön lähteet

Opinnäytetyön toteuttaminen lähti liikkeelle AVEVA E3D -ohjelmaan tutustuen. AFRYn työntekijöillä on mahdollisuus suorittaa itsenäisesti ohjelman käyttöön valmentava verkkokurssi, joka koostuu opetusvideoista ja kirjallisista tehtäväohjeista. Verkkokurssilla ohjelmaa käytetään pilvipalvelun kautta, jotta harjoitustietokanta saadaan käyttöön. Pilvipalvelua on mahdollista käyttää 20 tuntia. Videoiden katsomiseen ei ole aikarajaa, ja niihin voi palata, vaikka harjoitusaika pilvipalvelun osalta on täynnä.

Verkkokurssin lisäksi AFRYn työntekijöille on pidetty vuonna 2018 koulutus AVEVA E3D:n perustoinnoista. Opinnäytetyön kirjoittaja ei ole osallistunut tähän koulutukseen, mutta koulutusmateriaaleja on käytetty tukena (lähteenä) opinnäytetyön toteuttamisessa, ja ohjelman toimintojen harjoittelussa. Koulutusmateriaali on kuitenkin yleisohje koko ohjelman käyttämiseen, eli poikkeaa siten sähkösuunnittelun näkökulmasta tehdystä opinnäytetyöstä.

Lisäksi opinnäytetyössä on ollut tukena AFRY Finland Oy:n työntekijöitä. Osa kehitysideoista on lähtöisin muiden työntekijöiden ja esimiesten ideoista, mutta mahdollisuuksien kartoittaminen ja varsinainen kehitystyö on tapahtunut opinnäytetyön kirjoittajan toimesta. Kehitystyön ohella opinnäytetyöhön on pyritty tuomaan erityisesti sähkösuunnittelijalle hyödyllistä tietoa 3D-mallinnuksesta AVEVA E3D:llä.

### 1.3 Toimeksiantaja

AFRY on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö, joka syntyi vuonna 2019, kun ruotsalainen ÅF osti suomalaisen Pöyryn. Globaalisti toimistoja on 50:ssä eri maassa ja työntekijöitä yhteensä n. 16 000. AFRY tekee projekteja ympäri maailman n. 100:ssa eri maassa. Suomessa yhtiöllä on toimistoja 27:llä paikkakunnalla, jotka työllistävät n. 2300 työntekijää. (Tietoa meistä n.d.)

AFRY tarjoaa Suomessa palveluita seuraavilta toimialoilta:

- Arkkitehtuuri
- Energia
- Infra
- Kiinteistöt ja rakentaminen
- Liikkeenjohdon konsultointi
- Prosessiteollisuus
- Vesi
- Ympäristö

(Palvelumme n.d.)

Globaalista näkökulmasta osaamisala on sitäkin laajempi, ja kattaa edellä mainittujen lisäksi myös muiden toimialojen palveluita.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on AFRY Finland Oy Jämsän toimisto. AFRY Finland Oy Jämsän toimisto kuuluu AFRYn prosessiteollisuus divisioonan Suomen paikallispalvelut liiketoimintaan. Toimisto on erikoistunut teollisuuden investointiprojektien projekti- ja suunnittelupalveluihin sekä lähipalveluun yhdessä muun toimistoverkoston kanssa (Toimistomme Suomessa n.d.).



## 2 AVEVA E3D™

### 2.1 Yleisesti

AVEVA E3D on Iso-Britannialaisen Avevan kehittämä laitossuunnitteluun tarkoitettu 3D-suunnitteluohjelmisto (Lankinen 2019). Se on uudistunut versio AFRYn toimistoillakin aikaisemmin käytetystä AVEVA PDMS:tä. PDMS kuitenkin poistuu markkinoilta vuoteen 2024 mennessä, joten AFRYllä ollaan siirtymässä E3D:n käyttöön (AVEVA PDMS n.d.). Tästä syystä PDMS rajautui opinnäytetyöaiheen ulkopuolelle.

AVEVA E3D on tietokantapohjainen ohjelma, jota käytetään tavanomaisesti henkilökohtaisilla kirjautumistunnuksilla. Tietyn projektin ja sen tietokannan käyttöönotto tapahtuu komentojonotiedoston (engl. batch file) avulla. Komentojonotiedosto avaa AVEVA E3D -ohjelman, ja ajaa sinne tietokantoja. Ohjelman käynnistyttyä haluttu projekti valitaan manuaalisesti, jonka jälkeen ohjelma pyytää kirjautumistunnuksia ja valitsemaan MDB:n.

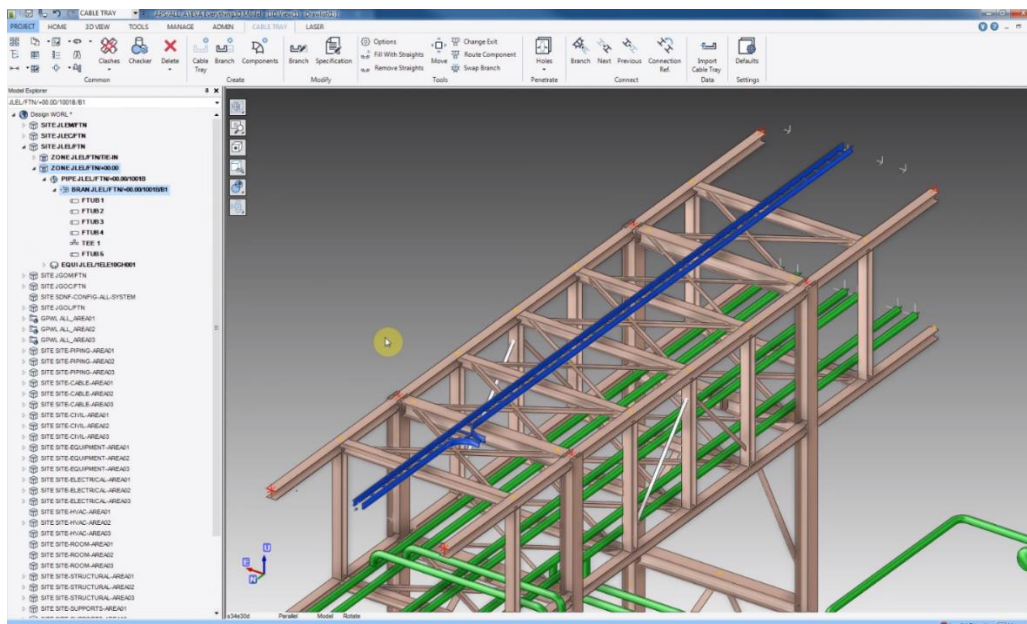
Kirjautumistunnuksien ja MDB:n syöttämisen jälkeen valitaan, millä moduulilla halutaan työskennellä. AVEVA E3D sisältää mm. kaksi suunnittelumoduulia ja kaksi tekniseen piirtämiseen tarkoitettua moduulia. Suunnittelumoduuleita ovat Model ja Spool, ja teknisen piirtämisen moduuleita Isodraft ja Draw. Itse mallinnus tapahtuu Model-moduulilla. Draw-moduuli sisältää 2D-piirustusjärjestelmän (AVEVA E3D Design n.d.). Se toimii vuorovaikutuksessa Model-moduulin kanssa, joten 3D-malliin tehdyt muutokset voidaan päivittää myös 2D-kuvaan. Spool-moduulia hyödynnetään putkistosuunnittelussa (Getting Started with AVEVA E3D n.d.). Isodraft-moduulilla voidaan luoda ja käsitellä isometrisiä putkistokuvia (ISODRAFT User Guide n.d.).

## 2.2 Model-moduuli

### Käyttöliittymä

Kun haluttu moduuli on valittu, käyttöliittymä aukeaa. Model-moduulissa työkalut on ryhmitelty yläpalkkiin. Osa välilehdistä on sovelluskohtaisia, ja ne saadaan näkyviin sovellusta vaihtamalla. Esimerkiksi CABLE TRAY-sovelluksella on oma kaapelihyllyjen mallintamiseen keskittyvä työkalupalkki. CABLE TRAY:n lisäksi valikko sisältää myös seuraavat sovellukset: GENERAL, EQUIPMENT, PIPING, HVAC, CABLING SYSTEM, STRUCTURES, SUPPORTS, MINING, TERRAIN ja DESIGN TEMPLATES. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

Yleisimmät komennot löytyvät yläpalkin lisäksi myös PowerWheel:stä, joka aktivoituu hiiren oikeasta painikkeesta. Myös PowerWheel:n sisältö riippuu käytössä olevasta sovelluksesta. Jos PowerWheel:n sektorissa on nuolenkärki, sen takana on erillinen valikko. Myös shift- ja control-näppäimillä voidaan vaikuttaa Power Wheel:n sisältöön, esim. control + hiiren oikea painike = järjestelmätoiminnot. (E3D Koulutus 31.7.2018.)



Kuvio 1 AVEVA E3D näkymä, Model-moduuli, CABLE TRAY-sovellus (Orinox, 2016).

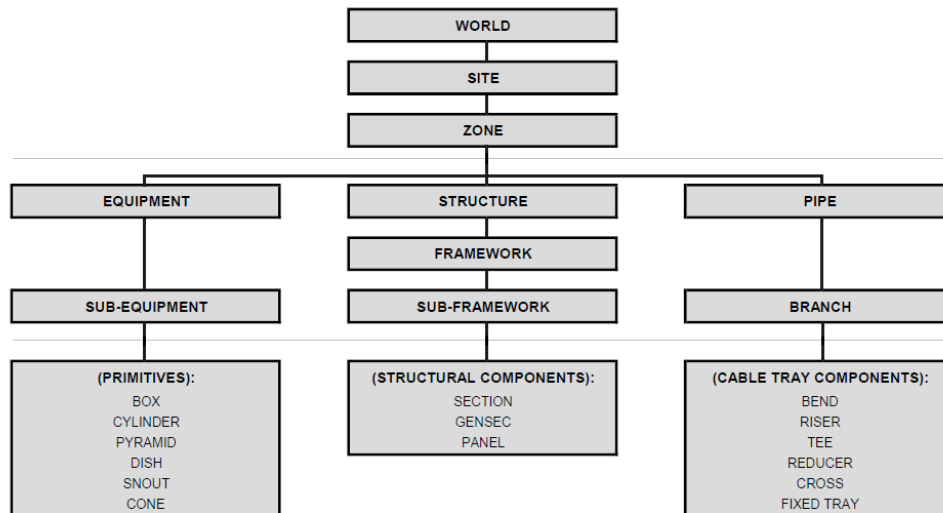
## Elementit ja hierarkia

Model-moduuli perustuu hierarkiaan, joka sisältää eri tasoisia elementtejä. Hierarkian rakentaminen alkaa aina WORLD-elementistä, joka on hierarkian ensimmäinen taso. Seuraavana WORLD:n alapuolella hierarkiassa on SITE-elementti. SITE ei välttämättä ole konkreettinen alue, kuten tietty huone tai tila. Yleensä sitä käytetään määrittämään kokonainen projekti tai isossa projektissa projektin osia, jotka voivat fyysisesti sijoittua mallissa minne tahansa. SITE-tasoa voi olla useampi. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

SITE-tason alapuolelle hierarkiaan sijoittuu ZONE-elementti. Myöskään ZONE ei yleensä rajaa fyysistä aluetta, vaan tavanomaisesti sitä käytetään määrittämään tiettyjä komponentteja, esim. kaapelihyllyjä tai putkia. ZONE-tasoa voi olla useampi. ZONE-tason alle sijoittuva hierarkia riippuu suunniteltavasta osa-alueesta (esim. putkistosuunnittelu vs. kaapelihyllysuunnittelu). (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

EQUI (equipment) on ZONE-tason alapuolelle asettuva elementti. EQUI-tason alle voidaan luoda hierarkiaa selkeyttämään SUBE (sub-equipment). EQUI ja SUBE voivat "omistaa" alempiarvoisia elementtejä (PRIMITIVES). PRIMITIVES-elementtejä ovat esimerkiksi NOZZ (nozzle), BOX (box), CYLI (cylinder) ja PYRA (pyramid). STRU-elementti on tarkoitettu hallinnoimaan hierarkiassa alempiarvoisia FRMW-elementtejä (framework). FRMW-elementti puolestaan käsittää rakenteelliset komponentit, ja ne voivat olla hierarkiassa myös SBFR-elementin (sub-framework) alapuolella. SBFR-taso on ns. lisäelementti rakenteellisten komponenttien hierarkian järjestelyyn. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

ZONE-tason alapuolelle asettuviin tasoihin lukeutuu myös PIPE, jonka omistukseen voidaan määrittellä BRAN-elementti (branch). BRAN-elementeille valitaan alku- ja loppupiste, eli pää (engl. head) ja häntä (engl. tail). Sille on mahdollista lisätä useita erilaisia komponentteja, jotka asettuvat hierarkiassa tason alapuolelle. Sillä voidaan esimerkiksi määrittellä kaapelihyllyreitti, jolle halutut hyllykomponentit nostetaan. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)



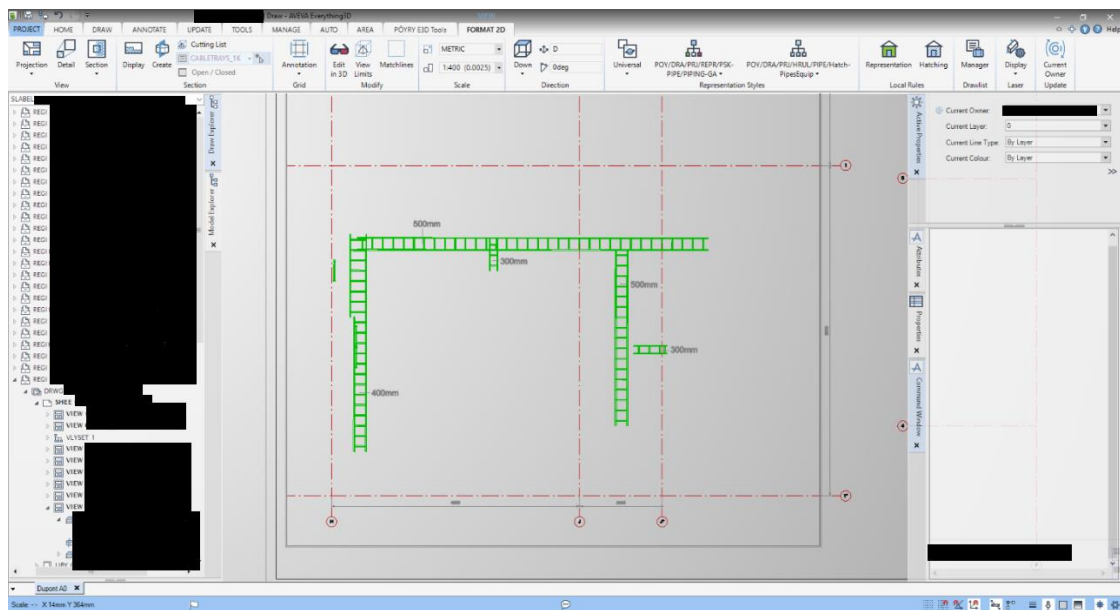
Kuvio 2 Hierarkian rakenne. Tietokannan hierarkia sijaitsee Model Explorerissa.

Model Explorer on työkalu Model-moduulin hierarkian käsittelyyn. Sillä voidaan lisätä haluttuja ta-soja/elementtejä 3D-näkymään joko ”raahaamalla”, tai valitsemalla 3D View > Add. Samasta vali-kosta löytyy myös muita toimintoja, kuten uudelleennimeä, poista (3D-näkymästä tai koko hierar-kiasta) ja korosta. Korostuksella voidaan etsiä projektipuun kautta tietty komponentti 3D-näkymästä. Korostus toimii myös toisinpäin, eli 3D-näkymässä esitetty komponentti voidaan etsiä projektipuusta toiminnon avulla. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

Collections on työkalu elementtien ryhmittelyyn (Getting Started with AVEVA E3D n.d.). Kun halu-tuista kohteista on luotu kokoelmia, voidaan komentoja toteuttaa kerralla koko ryhmälle. AVEVA E3D luo automaattisesti seuraavat kokoelmat: Claimlist, Drawlist ja Current Selection. Claimlist si-sältää komponentit, joita suunnittelija on käsitellyt kyseisen istunnon aikana (E3D Koulutus 31.7.2018.). Drawlist sen sijaan koostuu 3D-näkymän elementeistä, joten kaikki näytöllä näkyvät komponentit sisältyvät myös Drawlistiin. Current Selection luo kokoelman ”aktiivisista” kom-ponenteista.

Kokoelman sarakeotsikoita voidaan muokata manuaalisesti valitsemalla otsikkopalkin kohdalla hii-ren oikealla ”Column Setup”. Listaa voi myös mm. suodattaa ja luoda laskutoimituksia. Kokoel-masta saa ajettua suoraan Excel-taulukon, joten sen avulla voidaan koota esimerkiksi materiaali-luettelo tilattavista kaapelihyllyistä urakoitsijaa varten.

## 2.3 Draw-moduuli



Kuvio 3 Draw-moduuli.

Draw-moduulilla voidaan luoda teknisiä piirustuksia Model-moduulin 3D-mallin pohjalta. 3D-mallista valitaan haluttu osa ja tarkastelusuunta. Tarkastelusuunta ja mittakaava on käyttäjän määriteltävissä. Layoutin ulkoasua voidaan muokata administraattorin määrittelemien viivatyyppien ja värien mukaan. Piirustukseen on mahdollista lisätä halutut mittatiedot ja positiot Model-moduulin tietojen pohjalta. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

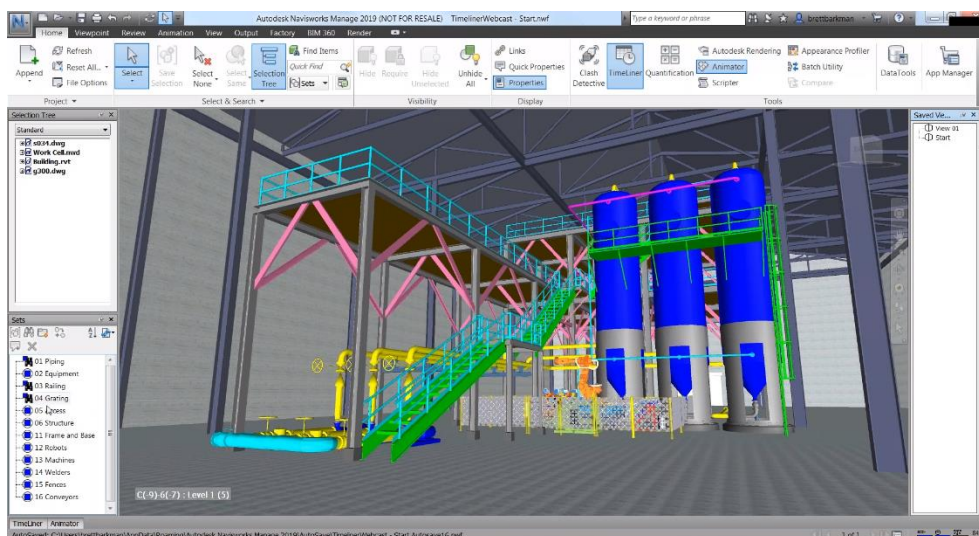
Draw-moduulin käyttöliittymä on ulkoasultaan samankaltainen Model-moduulin kanssa. Model-moduulin Model Explorerin tapaan Draw-moduulissa on Draw Explorer -hakemisto, joka käsittää moduulin hierarkian. Tämä hierarkia koostuu omista elementeistään. Niin sanottuja hallinnollisia elementtejä, joita ei voida esittää graafisessa muodossa on DEPT (Department), REGI (Registry) ja DRWG (Drawing). DRWG-elementin alle hierarkiassa asettuu SHEE-elementti (Sheet). SHEE-tason voi avata piirtonäkymään. Arkin ulkoasu riippuu SHEE-tason alle asettuvista elementeistä VIEW ja REGION, sekä positio- ja mittatiedoista. Positio- ja mittatiedot asettuvat LIBY-tason alle, jonka ohjelma luo SHEET-tason rinnalle. (Getting Started with AVEVA E3D n.d.)

### 3 Navisworks

Navisworks on Autodeskin ohjelmisto, jolla voidaan yhdistää useita tietomalleja keskenään, ja tarkastella niitä kokonaisuutena. Esimerkiksi eri ohjelmilla piirretyt mallit saadaan tuotua yhteen. Tuoteperheeseen kuuluu kolme hieman eri käyttötarkoituksiin kohdistettua ohjelmaa: Autodesk Navisworks Manage, Autodesk Navisworks Simulate ja Autodesk Navisworks Freedom. (Navisworks n.d.)

Navisworks Manage sisältää yhdistelmämallityökalun, jonka avulla suunnitelmat ja tietokannat saadaan yhdistettyä. Lisäksi siinä on samat työkalut kuin Navisworks Simulatessa sekä törmäystarkastelun mahdollisuus. Navisworks Simulate on tarkoitettu mallin tarkastelemiseen, ja sisältää siihen tarvittavat työkalut. Navisworks Freedom on ilmaisversio, joka sisältää joitakin Navisworks Simulaten toimintoja, kuten mallissa liikkumisen ja sen mittaamisen. (Navisworks n.d.)

3D-sähkösuunnittelua aloitettaessa Navisworksilla voidaan tarkastella ajantasaista tehdasmallia kokonaisuudessaan, ja kartoittaa esimerkiksi kaapelihyllyreitit. Mallista saa tärkeää informaatiota, ja se hyödyttää kokonaisuuden hahmottamisessa käymättä konkreettisesti tehtaan sisällä. Kun komponentteja mallinnetaan AVEVA E3D:llä, ne voidaan nostaa suoraan ajantasaiseen tehdasmalliin, ja tarkastella kuinka mallinnus onnistui. Etenkin sisätilojen tarkastelussa Navisworks on käyttäjäystävällisempi kuin E3D.



Kuvio 4 Navisworks käyttöliittymä (Hagerman & Company, Inc, 2019).

## 4 3D-mallintaminen AVEVA E3D:llä

### 4.1 Mallinnusta tukevia toimintoja

#### Perustoiminnot

AVEVA E3D:n perustoiminnot löytyvät HOME-välilehdeltä. Ensimmäiset palstat Selection ja Create sisältävät kopioimiseen ja liittämiseen liittyviä työkaluja. Modify-palstan Move-, Rotate-, Stretch ja Mirror-komennot toimivat samalla periaatteella kuin esimerkiksi Autodeskin AutoCAD -ohjelmiston vastaavat komennot. Myös Deletoimiselle löytyy oma painike yläpalkista, mutta tämä toiminto on usein nopein toteuttaa näppäimistön Delete-painikkeen tai hierarkian kautta hiiren oikealla painikkeella. Measure-työkalulla saadaan tarvittaessa mittoja 3D-näkymästä. Elementtien tarttumispinnat riippuvat Snapin asetuksista. Object Snapping ja sen asetukset löytyvät käyttöliittymän alapalkista oikealta. Clashes-työkalulla voidaan tehdä törmäystarkastelua. Properties- ja Attributes välilehdet avataan Display-lohkosta. VIEW-välilehden työkaluilla voidaan säätää 3D-näkymän asetuksia ja valita eri tapoja liikkua mallissa. Content-palstan Remove:lla poistetaan elementtejä 3D-näkymästä, kun taas HOME-lehden Delete-komento poistaa ne kokonaan hierarkiasta.

#### Tallentaminen ja projektitietokannan päivittäminen

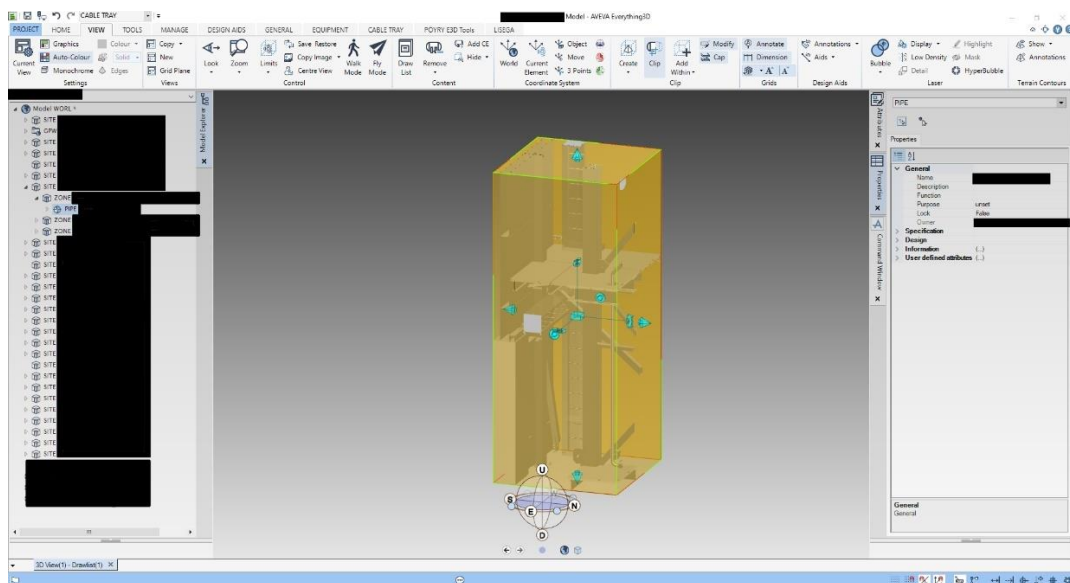
Samassa projektitietokannassa saattaa työskennellä useampi kuin yksi käyttäjä, ja joskus myös saman aikaisesti. Siksi ohjelmassa on muutamia toimintoja päällekkäisen työskentelyn välttämiseksi. Projektitietokannassa työskennellessä ohjelma "lukitsee" elementit, joille on tehty muutoksia. Tämä tarkoittaa sitä, että muut käyttäjät eivät voi tehdä muutoksia näihin elementteihin ennen kuin ne on vapautettu. Näiden elementtien nimet lihavoituvat Model Explorerissa/Draw Explorerissa, ja ne lisätään Collections-formin Claimlistiin. Kun työ tallennetaan, tallennus voidaan tehdä ilman elementtien vapauttamista. Valitsemalla "Unclaim All" tallennuksen yhteydessä Claimlist tyhjennetään ja elementit vapautetaan. Jos taas muiden käyttäjien oman työn aikana tekemät muutokset halutaan hakea, yläpalkissa on nappi Get Work from the Database. Tällä toiminnolla saadaan päivitettyä tietokanta ajantasaiseksi.

## Clip-toiminto

Tehtaan laajuiseen ympäristöön mallinnettaessa ongelmaksi voi muodostua mallin raskaus. AVEVA E3D:ssä on työkalu, jolla voidaan rajata tietystä alueesta kuutio, ja nostaa sille halutut tai kaikki kuutioon sisältyvät tasot. Esimerkiksi mallinnettaessa tiettyyn sähkötilaan voidaan etsiä Navisworksilla mallista tähän tilaan sisältyvä kaapelihylly, putki tms., nostaa tämä taso esille, laatikoida ympärille sähkötilan kokoinen alue, ja avata kaikki tilaan sisältyvät tasot. Näin saadaan näkyviin pelkkä sähkötila, eikä ohjelma ylikuormitu yhtä helposti verrattuna koko mallin käsittelyyn. Työkalu on AVEVA E3D:ssä nimellä "Clip", ja löytyy VIEW-välilehdeltä.

Kuutio-työkalu toimii käytännössä seuraavasti:

1. Nosta haluttu/halutut komponentit 3D-näkymään
2. Valitse VIEW-välilehdeltä Clip: Create
3. Kun Modify-nappi on aktiivisena, määrittele kuution koko
4. Tämän jälkeen voit nostaa joko yksittäisiä tasoja kuvaan tai Add Within-toiminnolla lisätä kaikki kuutioon sisältyvät tasot esille
5. Jos Clip-nappi on aktiivisena, 3D-näkymä rajautuu kuution mukaan

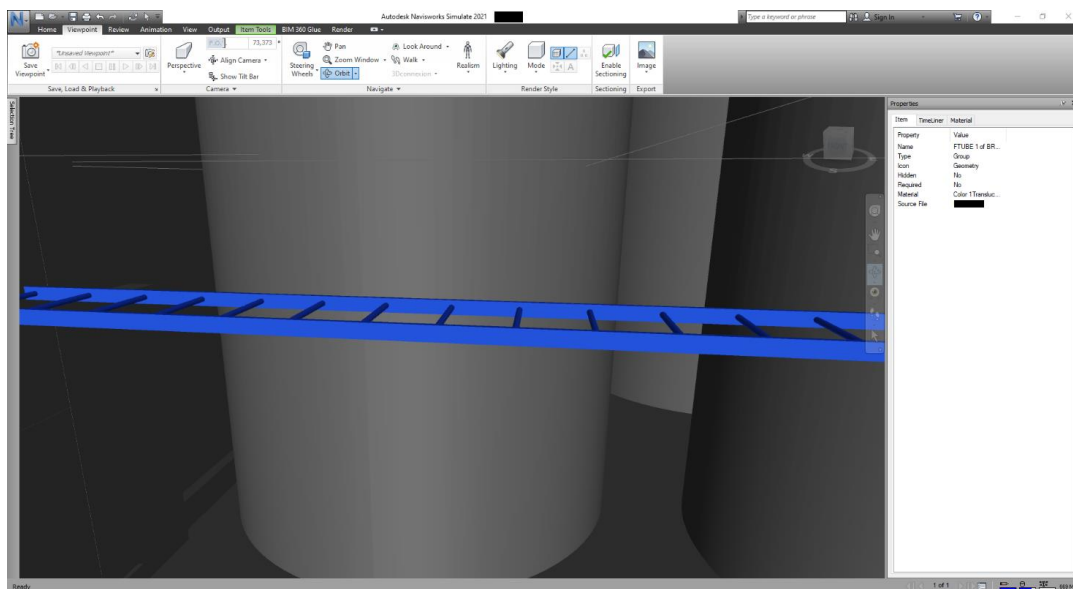


Kuvio 5 Clip-toiminto.



## Laitteiden/komponenttien etsiminen Navisworksilla

1. Tarkastellaan 3D-mallia Navisworks Simulatella.
2. Löydetään kaapelihylly, jonka sijaintia halutaan korjata.
3. Valitaan komponentti hiiren oikealla näppäimellä.
4. Properties-ikkuna näyttää komponentin nimen.
5. Kopioidaan nimi hiiren oikealla näppäimellä.
6. Nimi on Navisworksissa muodossa FTUBE X of BRANCH /Name (FTUBE = suora hylly).
7. Komponentti voidaan etsiä AVEVA E3D -hierarkiasta syöttämällä Model Explorerin haku-kenttään "Name"-osuus, eli /-merkin jälkeinen osuus.



Kuvio 6 Komponentit Navisworksissa.

## 4.2 Komponenttien ja laitteiden mallinnus

### Kaapelihyllyt

Kaapelihyllyä mallinnettaessa sovellukseksi valitaan CABLE TRAY. Sen jälkeen SITE-elementin alle luodaan haluttu määrä ZONE-elementtejä, joiden alle varsinaiset kaapelihyllykomponentit luodaan. Kun ZONE-taso on aktiivisena, valitaan CABLE TRAY-välilehdeltä Create: Cable Tray, jolloin ohjelma luo automaattisesti PIPE-elementin ZONE:n alle. Taso nimetään halutulla tavalla, ja valitaan käytettävä spekki. Myös attribuutteja voidaan määrittää tässä vaiheessa. (E3D Koulutus 31.7.2018.)

Kun PIPE-taso on luotu onnistuneesti, valitaan CABLE TRAY-välilehdeltä Create: Branch. Ohjelma kysyy myös tässä vaiheessa nimeä, spekkiä ja asetuksia, jonka jälkeen valitaan OK. Tässä vaiheessa tulee määrittellä mallinnettavan kaapelihyllyn reitti. BRAN-elementillä on pää (engl. head) sekä häntä (engl. tail). Molempien sijainti, leveys ja suunta tulee määrittellä erikseen. Määrittelyt tallentuvat painikkeella Apply. Tämän jälkeen voidaan ikkuna sulkea painikkeesta Cancel. (E3D Koulutus 31.7.2018.)

Jos tarkoituksena on piirtää ainoastaan suora pätkä hyllyä, voidaan valita CABLE TRAY-välilehdeltä Tools: Fill With Straights, jolloin koko reitti täyttyy suoralla hyllyllä. Suora hylly näkyy hierarkiassa elementtinä FTUB, jonka ohjelma luo automaattisesti. Kulmat, kaarteet ja muut hyllykomponentit löytyvät komponenttikirjastosta CABLE TRAY-välilehdeltä Create: Components. Jotta komponenttikirjaston saa auki, tulee halutun BRAN-elementin olla aktiivisena. Avautuvasta ikkunasta voidaan valita hyllyspekki, mallinnussuunta (Mode: Forwards / Backwards), komponentti (Component), sekä sijainti (Position). (E3D Koulutus 31.7.2018.)

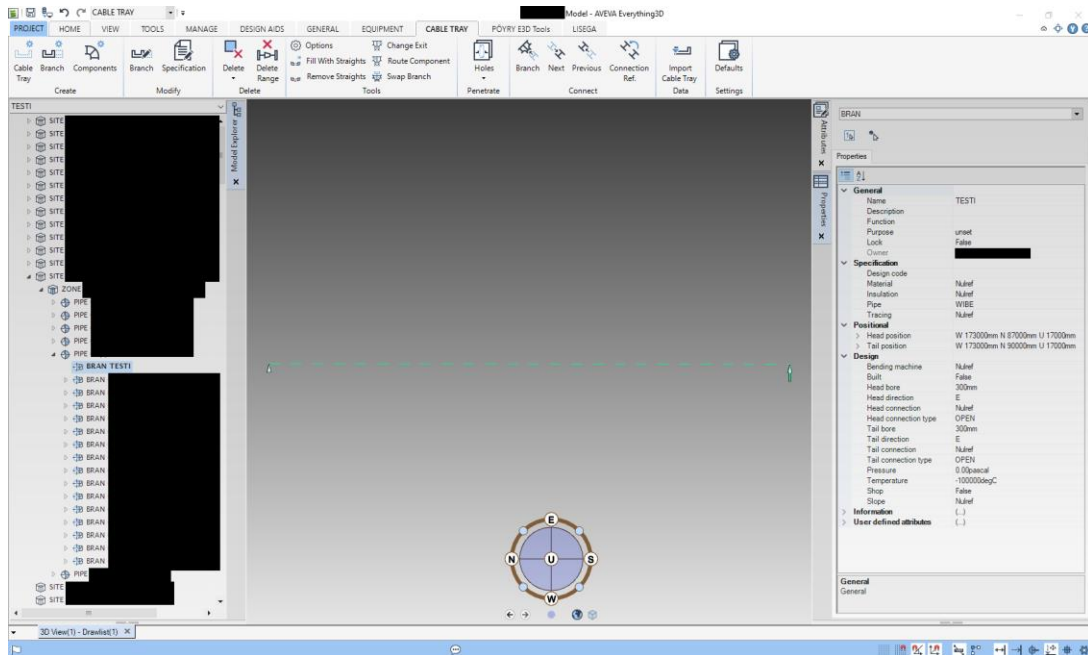
Komponenttivalikoehdot ovat seuraavat:

- Bend = vaakasuuntainen kaarre
- Riser = pystysuuntainen kaarre
- Tee = T-kappale/haaroitus
- Reducer = leveyden muunnoskappale
- Cross = risteyskappale
- Fixed Tray = kiinteä tietyn pituinen suora hylly
- Attachment = kannake

Kun uutta hyllykomponenttia luodaan, ohjelma avaa ikkunan, jossa määritellään komponentin suuntaus (Open Tray Direction). Esimerkiksi vaakasuuntaisilla hyllyillä suunta on yleensä U. Samalle branchille voidaan asettaa useita komponentteja. Jos komponenttien mallinnus on onnistunut, eli ne ovat linjassa toisiinsa nähden, reititys muuttuu yhteneväksi ”langaksi”. Jos taas komponenttien sijainnissa on ristiriitoja, reititys näkyy mallissa katkoviivana. (E3D Koulutus 31.7.2018.)

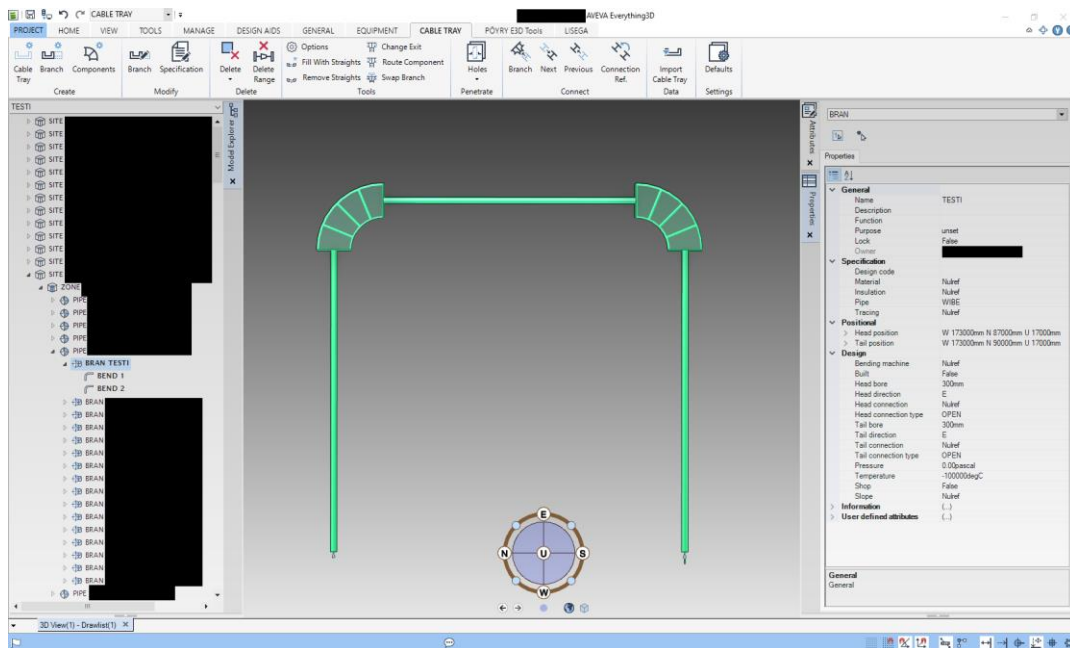
## Kaapelihyllyt - Vaakasuuntaisten kaarteiden mallintaminen

1. Luodaan CABLE TRAY -välilehdeltä uusi branch halutulle PIPE-tasolle.
2. Hyväksytään/vaihdetaan spekki, ja määritellään ”pään” ja ”hännän” sijainti.
  - a. Koska hylly alkaa sekä päästä että hännästä katsottuna samaan suuntaan, molempien suunta (engl. direction) on sama (suoralla hyllypätkällä pää ja häntä puolestaan vastakkaisiin suuntiin, eli esim. N ja S).
  - b. Kun branch on määritelty (tässä vaiheessa suora katkoviiva mallinnettavan U-kaarteen keskikohdan suuntaisesti, kts. Kuvio 7), luodaan CABLE TRAY -välilehdeltä Components-toiminnolla kaarteet. (Huom. oikean BRAN-elementin tulee olla aktiivisena.)



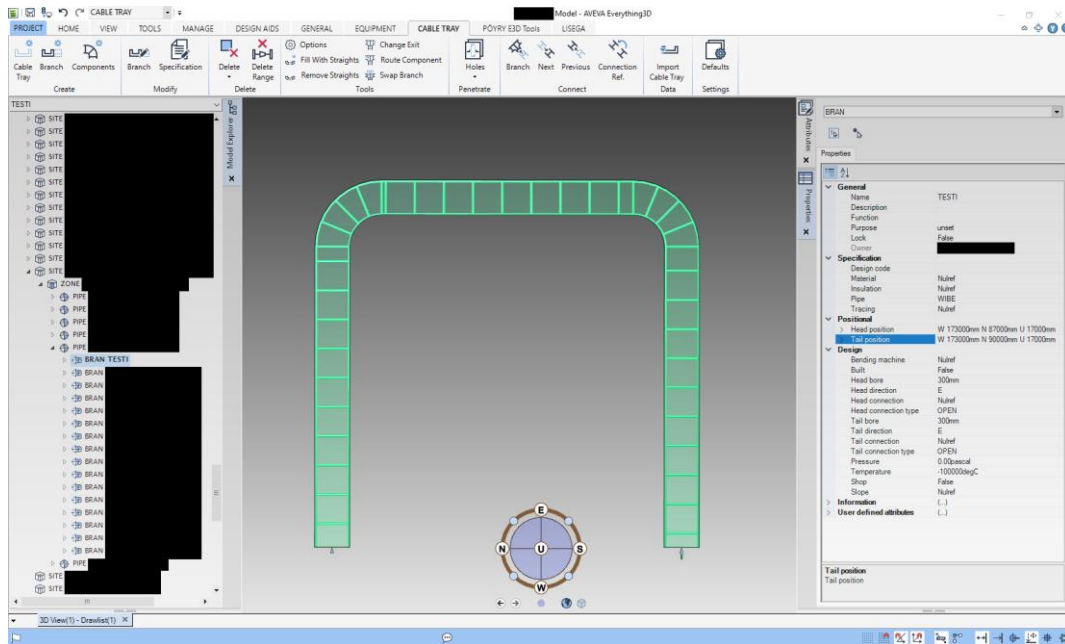
Kuvio 7 Branch.

- c. Valitaan kaarre eli "Bend" ja luodaan se klikkaamalla "Create". Forwards/Backwards-valinnalla voidaan valita, halutaanko mallintaa päästä vai hännästä lähtien.
  - d. Ohjelma pyytää valitsemaan hyllyn suunnaan, joka on vaakahyllyllä U. Tämän jälkeen OK.
  - e. Komponentti mallintuu automaattisesti kiinni päähän tai häntään (riippuen Modet-valinnasta). Sijainnin voi määrittellä esimerkiksi seuraavasti:
    - i. Thro Cursor-valinta
    - ii. Määrittele haluttu etäisyys, esim. 3m = 3000mm. Päivitty klikkaamalla "Distance".
  - f. Luodaan seuraava kaarre sulkematta ikkunaa. (Create -> Distance (Tämä etäisyys täytyy olla sama kuin päällä ja hännällä)).
  - g. Ikkuna voidaan sulkea "Cancel".
3. Jos mallinnus on onnistunut, branch on muuttunut katkoviivasta yhteneväksi "langaksi".  
Kts. Kuvio 8.



Kuvio 8 Kulmakappaleiden lisääminen.

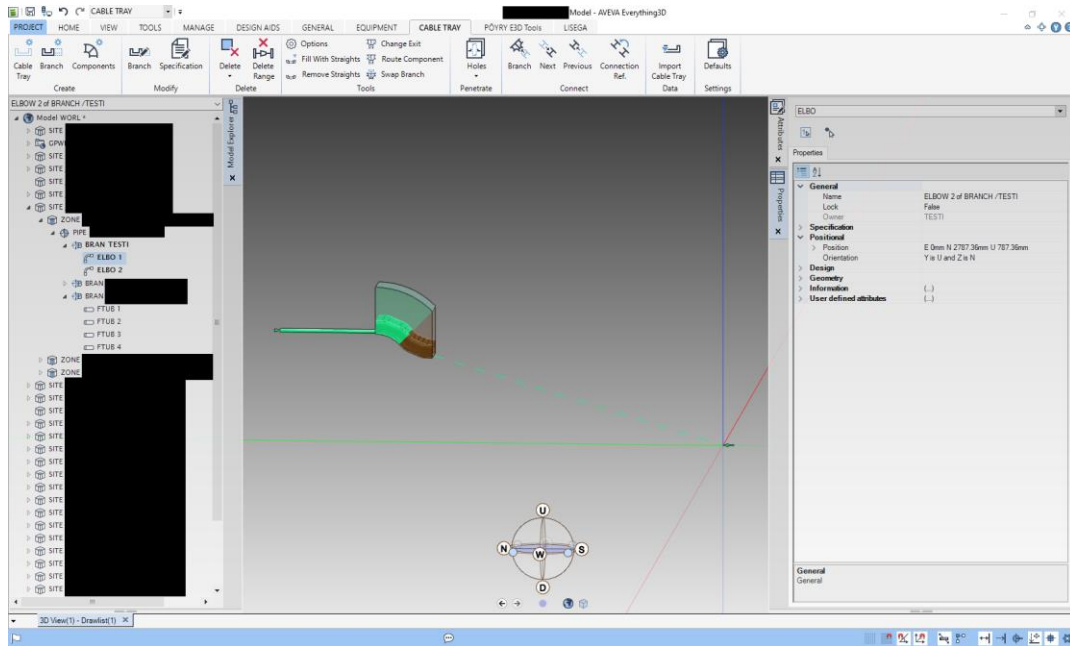
4. Valitaan CABLE TRAY -välilehdeltä Tools: Fill With Straights.
5. U-kaarre on valmis.



Kuvio 9 Valmis hyllymallinnus.

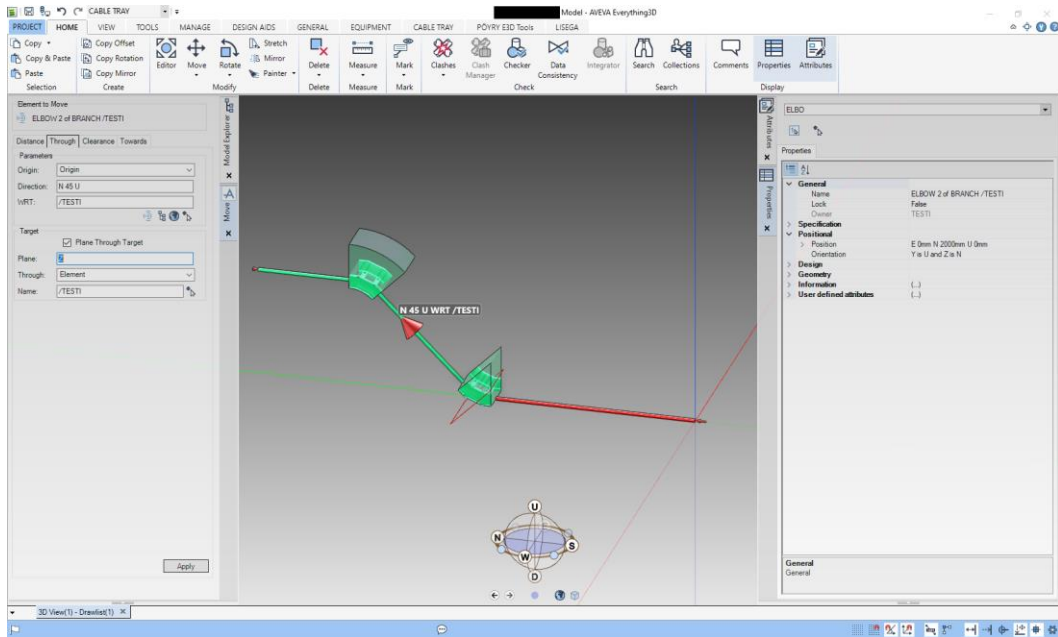
### Kaapelihyllyt – Pystysuuntaisen kaarteen mallintaminen

1. Luodaan CABLE TRAY -välilehdeltä uusi branch halutulle PIPE-tasolle.
2. Hyväksytään/vaihdetaan spekki, ja määritellään ”pään” ja ”hännän” sijainti.
3. Valitaan Components-kirjastosta mallinnuksen suunta Forwards/Backwards > ”Riser” > Create.
4. Valitaan haluttu kaarre (esimerkissä 45 asteen kulmat) > OK.
5. Open Tray Direction = U > OK.
6. Siirretään komponentti halutulle etäisyydelle Distance (esimerkissä 1000mm)
7. Luodaan samalla tavalla toinen kaarre. (Kuvio 10).



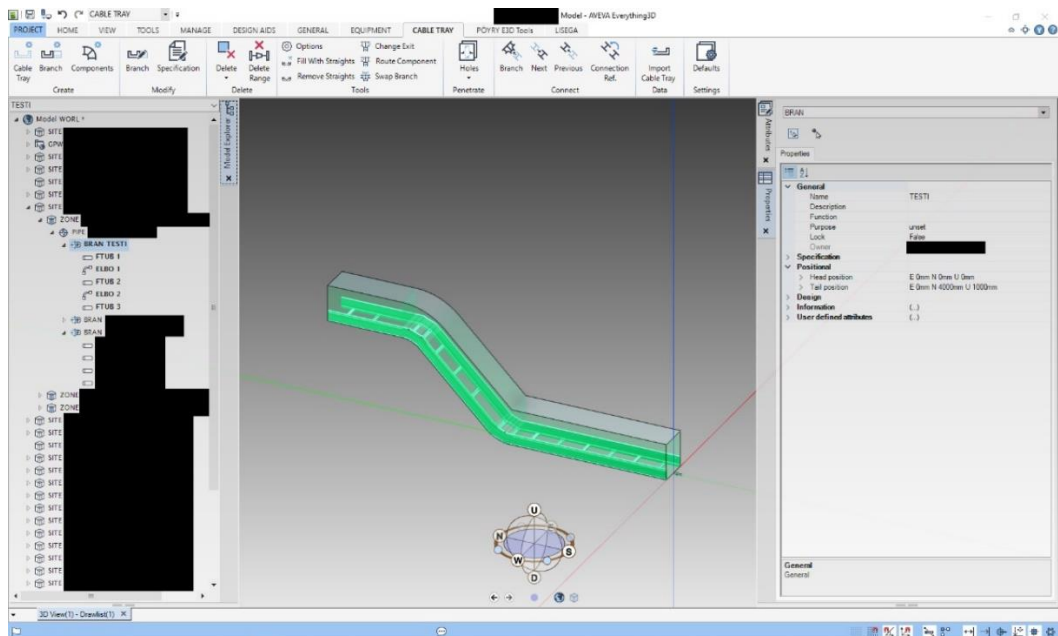
Kuvio 10 Pystysuuntaisten kaarteiden lisääminen.

8. Avaa HOME-välilehdeltä Move Advanced (Moven alla alasvetovalikossa).
  - a. Valitse Through-välilehti.
  - b. Kohdassa Parameters valitse hiiren nuoli -symboli ja poimi kuvasta siirrettävä komponentti.
  - c. Kohdassa Target valitse Plane Through Target aktiiviseksi, syötä Plane = Z (koska halutaan liikuttaa komponenttia Z-akselilla), ja valitse hiiren nuoli -symboli ja poimi kuvasta branchin pää/häntä (riippuen mallinnuksen suunnasta) > Apply.



Kuvio 11 Move Advanced.

9. Jos komponentin siirtäminen on onnistunut, branch muuttuu yhteneväksi langaksi. Täytetään se suoralla hyllyllä CABLE TRAY -välilehdeltä löytyvällä komennolla Fill With Straights.
10. Pystysuuntainen kaarre on valmis.



Kuvio 12 Valmis hyllymallinnus.

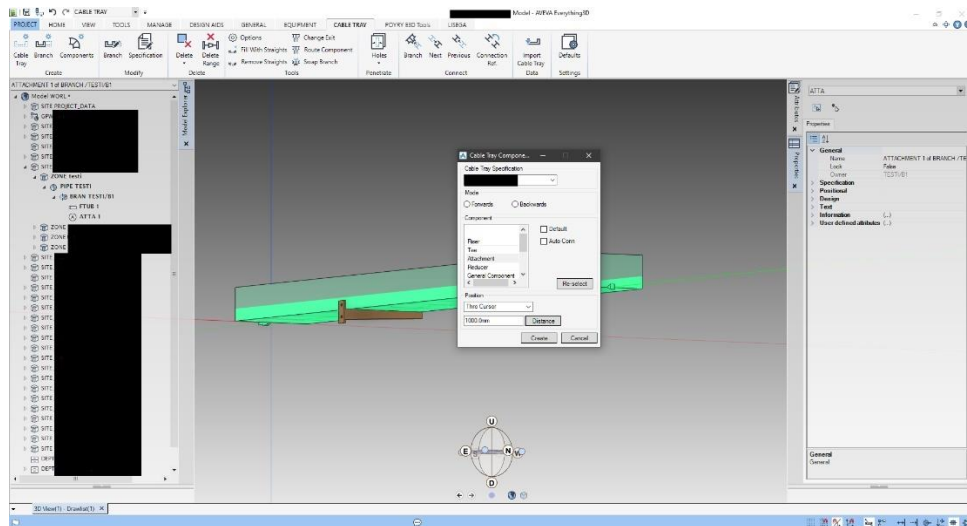


## Hyllykannakkeet

Kannakkeiden mallintamiseen on muutamia eri tapoja. AVEVA E3D sisältää SUPPORTS-sovelluksen, joka on tarkoitettu erilaisten kannakekomponenttien mallintamiseen. Jotta SUPPORTS-sovellus voidaan ottaa käyttöön, tulee MDB:n sisältää seuraavat tietokannat: MDS/CATA, MDS/PROP, MDS/WELDS, MASTER/MDSDICT, MDS/MDSAPPDEFAULTS, MDU/CATA (AVEVA Plant Support, 2021). SUPPORTS-sovelluksen lisäksi kannakkeita voidaan mallintaa erillisellä ohjelmalla, josta komponentit tuodaan E3D:n. AFRYllä on esimerkiksi käytössä VOFTools, jolla komponenteille saadaan määriteltyä mm. materiaali. Kannakkeita voidaan myös sisällyttää spekkeihin, jolloin niitä voidaan mallintaa niin sanotun komponenttikirjaston kautta.

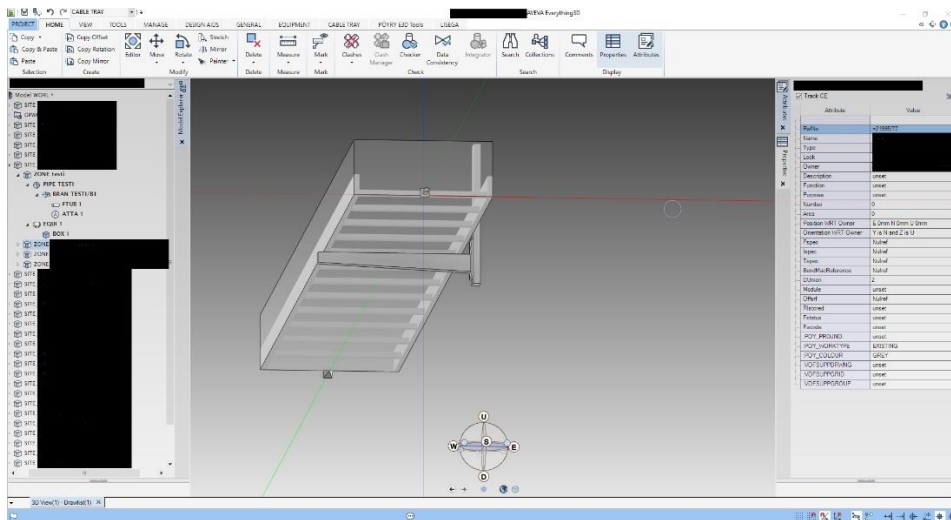
### Hyllykannakkeet – Seinäkannakkeen mallintaminen kannakkeita sisältävällä spekillä

1. Valitaan aktiiviseksi kaapelihylly, jolle kannakkeita mallinnetaan.
2. Avataan CABLE TRAY -välilehdeltä Create: Components. Valitaan Attachment > Create.
3. Valitaan avautuvasta valikosta halutun tyyppinen kannake > OK.
4. Position-kohdasta voidaan määrittää etäisyys > Distance.



Kuvio 13 Kannakekomponentin lisääminen.

5. Tässä vaiheessa voidaan sulkea Cable Tray Component -ikkuna > Cancel.
6. Seuraavaksi luodaan kannakkeelle asennuskisko: Luo EQUIPMENT-välilehdeltä EQUI.
  - a. Equipment Creation -ikkuna aukeaa. Annetaan ikkunaan tarvittavat tiedot, jonka jälkeen otetaan kannakkeesta sijainti. Jos Snap on päällä, sijainti saadaan etsittyä 3D-näkymästä hiiren oikea painike pohjassa.
  - b. Tämän jälkeen ok.
7. Valitaan EQUIPMENT-välilehdeltä Create: a Box Primitive.
8. Annetaan asennuskiskolle mitat, ja siirretään tarvittaessa.



Kuvio 14 Valmis hyllykannake.

## Muut sähkökomponentit

Muiden sähkökomponenttien, kuten koteloiden, keskusten tai kaappien tekoon ei ole omaa varsinaista sovellusta AVEVA E3D:ssä, vaan ne mallinnetaan EQUIPMENT-sovelluksella laitteina. EQUIPMENT-sovellus aktivoidaan yläpalkin alavetovalikosta. Kohdan 2.2 mukaisesti EQUI-elementit sijoittuvat hierarkiaan seuraavassa arvojärjestyksessä: SITE > ZONE > **EQUI** > SUBE > primitiivielementti. SUBE-elementit ovat laitemallin osakokonaisuuksia, joiden määrä riippuu mallinnettavan laitteen rakenteesta – mitä yksinkertaisempi, sitä vähemmän Sub-Equipment-elementtejä ja päinvastoin. (E3D Koulutus 31.7.2018.)

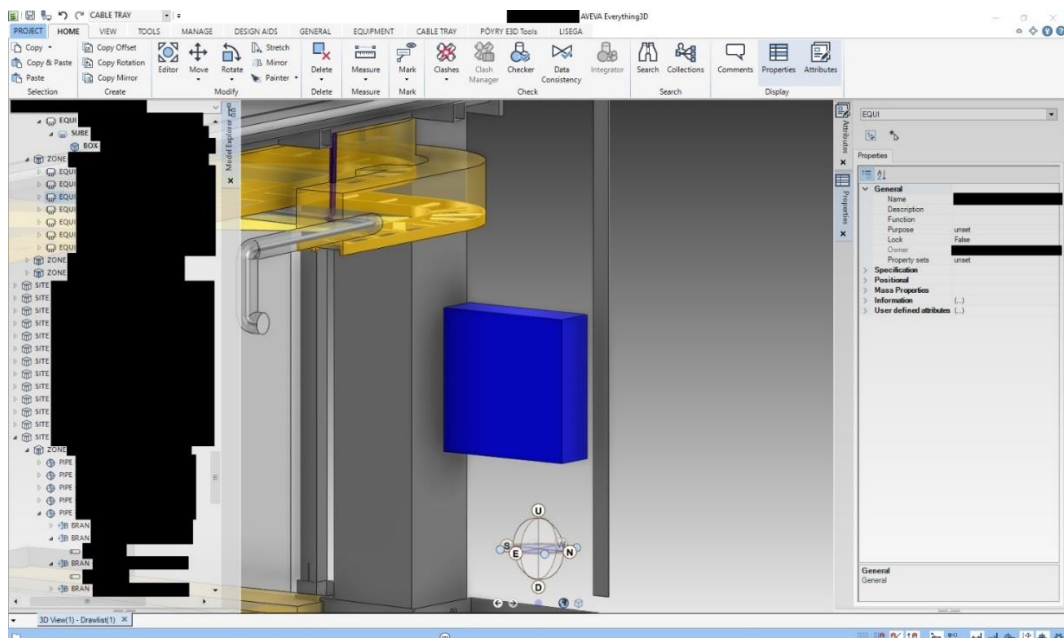
Primitiivielementit:

- Box = suorakulmainen särmiö
- Cylinder = sylinteri
- Cone = kartio
- Snout = epäkeskeinen kartio
- Pyramid = pyramidi
- Dish = päätykappale
- Extrusion = pursotettu kappale
- Circular Torus = pyöreä torrus
- Rectangular Torus = kulmikas torrus
- Sloped Cylinder = vino sylinteri
- Revolution = pyörähdyskappale
- Nozzle = putkistoyhde

(E3D Koulutus 31.7.2018.)

## Sähkökaapin mallintaminen (Primitiivielementti Box)

1. Valitaan haluttu ZONE tai luodaan tarvittaessa uusi.
2. Luodaan ZONELLE EQUI-elementti EQUIPMENT-välilehden valikon kautta.
  - a. Nimetään komponentti (esim. laitepositio).
  - b. Sijainti voi tässä vaiheessa olla origo.
  - c. Syötetään attribuutit projektiohjeen mukaisesti > OK.
3. Luodaan EQUI-elementin alle tarvittava määrä SUBE-elementtejä ("Equipment" alavetovälikko). Esimerkin tapauksessa yksi. (Huom. SUBE-elementti ei ole pakollinen, sillä myös EQUI-elementin alle voi luoda primitiivielementtejä.)
  - a. Nimetään komponentti.
  - b. Sijainti voi tässä vaiheessa olla origo > OK.
4. Luodaan SUBE-elementin (tai suoraan EQUI-elementin) alle tarvittavat primitiivielementit. Esimerkin tapauksessa Box.
  - a. Alas-nuolesta saa halutessaan lisää valintoja auki mallintamista varten.
  - b. Valitaan koordinaatit sähkökaapin mittojen mukaisesti.
5. Siirretään kaappi haluttuun paikkaan HOME-välilehden Move-komennon avulla.



Kuvio 15 Sähkökaapin mallintaminen.

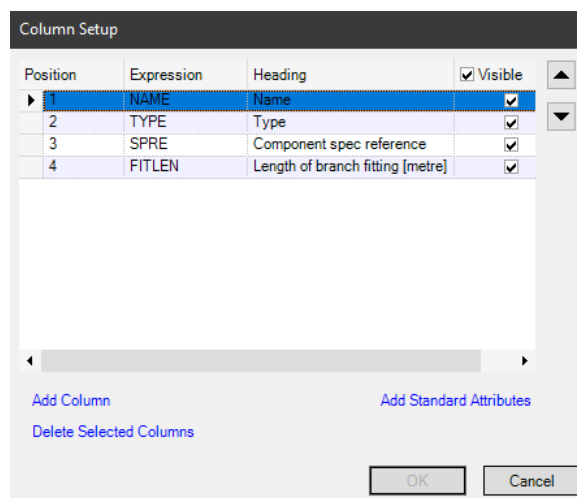
## 4.3 Valmiin mallin käsittely

### Materiaaliluettelon luominen

Materiaaliluetteloita on tarpeellista tulostaa mm. urakoitsijaa varten. Yleensä sähköurakoitsija tekee tarvittavat materiaalilaukset suunnittelijan luomien materiaaliluetteloiden pohjalta. Varsinkin isoissa projekteissa materiaalilistojen koostaminen on työlästä ja aikaa vievää, koska materiaalityö on niin suuri. AVEVA E3D:n on mahdollista määrittellä oikeita olemassa olevia sähkökomponentteja, kuten esimerkiksi kaapelihyllyjä ja niiden kannakkeita. Kun määrittelyt on tehty riittävällä tarkkuudella, ja 3D-mallinnus tehdään näillä komponenteilla, ohjelmasta voidaan ajaa tarkkoja materiaaliluetteloita. Ihanteellisessa tilanteessa määrittelyt on tehty niin tarkasti, että materiaaliluetteloita ajettaessa niitä ei tarvitse enää käsin tarkentaa.

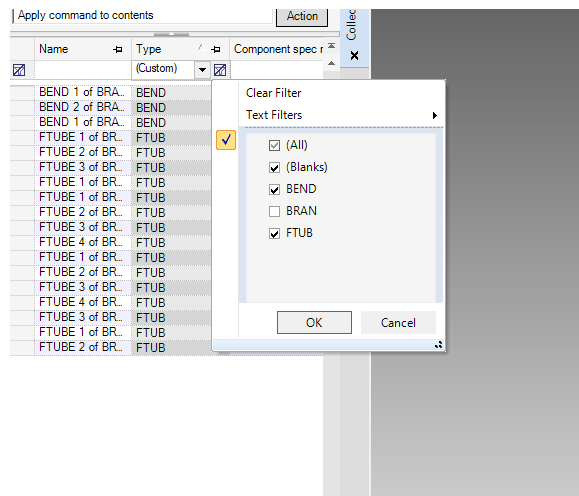
Materiaaliluettelon luominen onnistuu esimerkiksi Collections-työkalua hyödyntämällä seuraavasti (esimerkissä käytetty kaapelihyllyjä):

1. Avataan 3D-näkymään komponentit, joista luettelo luodaan.
2. Avataan HOME-välilehdeltä Collections-työkalu.
3. Maalataan komponentit, joista luettelo luodaan -> komponentit listautuvat System Collection > Current Selectionin alle.
4. Klikataan luettelon yläpalkkia oikealla hiiren näppäimellä > Column Setup.



Kuvio 16 Column Setup.

- a. Sarakkeita voidaan luoda ja poistaa Add Column ja Delete Selected Columns -valinnoilla.
  - b. Expression-sarakkeesta voidaan valita alaspöytävalikosta mitä määreitä halutaan luetteloitaa. (Esimerkissä komponentin nimi, tyyppi, määritelmä, sekä reitityksen pituus.)
5. Tässä vaiheessa listasta kannattaa suodattaa branchit pois, koska luettelo ajatellen ne ovat tarpeettomia. Suodatus tapahtuu Type-sarakkeen kohdalta alaspöytävalikosta, joka aukeaa nuolta klikkaamalla.



Kuvio 17 Listan suodattaminen.

6. Kun luettelo on saatu muokattua E3D -ohjelmalla halutuksi, siitä voidaan tulostaa Excel-tilukko klikkaamalla hiiren oikealla taulukon yläpalkkia > Export To Excel.

	A	B	C	D	E
1	Name	Type	Component spec reference	Length of branch fitting [metre]	
2	BEND 1 of BRANCH /400_	BEND	WIBE/HO.INNER.400	0.74	
3	BEND 2 of BRANCH /300_	BEND	WIBE/VE.INNER.300	0.66	
4	BEND 1 of BRANCH /300_	BEND	WIBE/VE.INNER.300	0.66	
5	FTUBE 1 of BRANCH /400_	FTUB	WIBE/6000.400	6.00	
6	FTUBE 2 of BRANCH /400_	FTUB	WIBE/VL.400	3.14	
7	FTUBE 3 of BRANCH /400_	FTUB	WIBE/VL.400	0.10	
8	FTUBE 1 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	5.60	
9	FTUBE 1 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
10	FTUBE 2 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
11	FTUBE 3 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
12	FTUBE 4 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	0.59	
13	FTUBE 1 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
14	FTUBE 2 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
15	FTUBE 3 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/6000.300	6.00	
16	FTUBE 4 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	0.59	
17	FTUBE 3 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	4.95	
18	FTUBE 1 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	4.95	
19	FTUBE 2 of BRANCH /300_	FTUB	WIBE/VL.300	2.77	
20					
21					

Kuvio 18 Tulostettu Excel-tilukko.

## Mallien tallettaminen tekstitiedostona

Joskus 3D-mallista halutaan syystä tai toisesta poistaa isoja kokonaisuuksia. Tällaisissa tapauksissa on mahdollista ottaa elementtejä talteen tekstitiedostoon siltä varalta, että ne halutaankin palauttaa myöhemmin. Tekstitiedostosta ne voidaan ajaa Command Window:n kautta takaisin malliin.

Mallien tallettaminen tapahtuu helpoiten syöttämällä Command Window:n seuraava komento:

```
ffile /C:\temp\testi.txt  
output ce  
file end
```

(Ylimmälle riville haluttu tiedostosijainti ja nimi.)

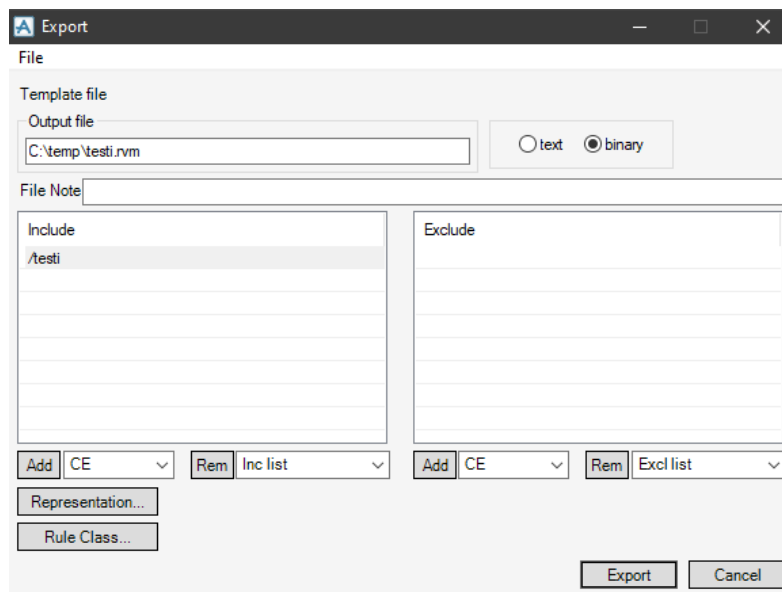
Jos tallennus onnistui, tiedosto luotiin haluttuun kansioon.

Malli saadaan haettua tekstitiedostosta kopioimalla tekstitiedoston teksti ja liittämällä se Command Window:n. Ohjelma luo tarvittavat elementit.

## Mallin nostaminen Navisworksiiin

AFRYllä AVEVA E3D -projektitietokannoista ajetaan Navismallit kerran vuorokaudessa. Joskus uusia mallinnuksia on syytä päästä tarkastelemaan Navisworksin puolelle heti. Mallin ”nostaminen” Navisworks Simulateen onnistuu seuraavasti:

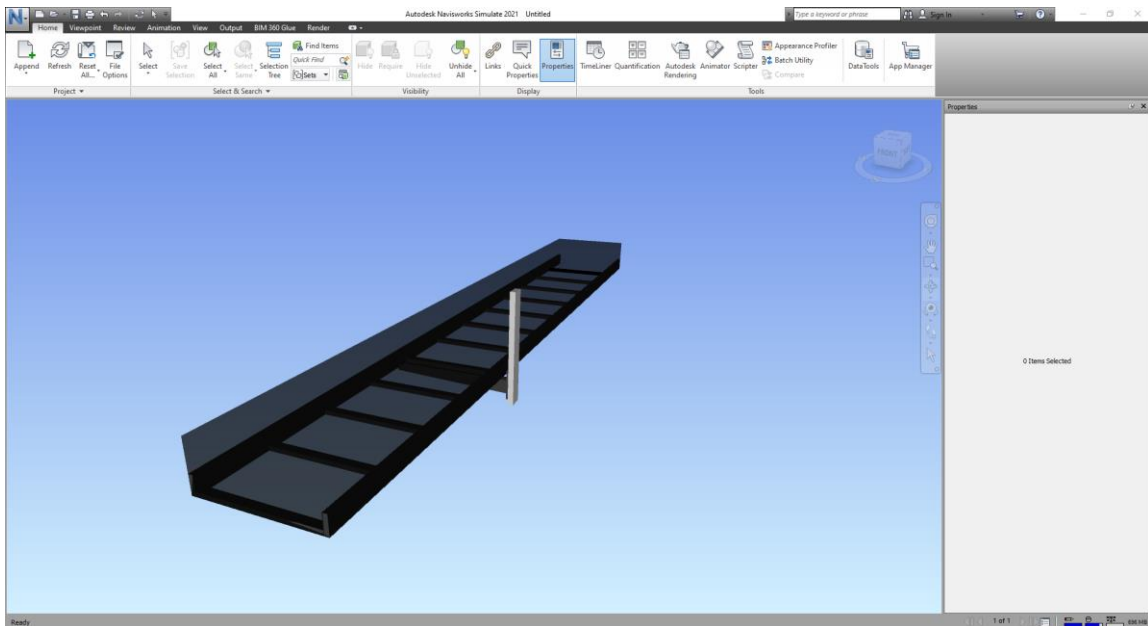
1. Valitaan TOOLS-välilehdeltä Export-lohkosta AVEVA Review > Create.
2. Export-ikkuna aukeaa. Valitaan Model Explorerista haluttu taso aktiiviseksi, jonka jälkeen valitaan Export-ikkunasta Include Add CE, Add-nappi.
3. Valitun tason pitäisi näkyä nyt listassa. Kirjoitetaan Output file -kenttään haluttu tiedostojainti ja -nimi. Tiedoston pitää olla Revenant Game Archive -tiedosto, eli päätte .rvm > Export.



Kuvio 19 Export-formi.



4. Jos exporttaus onnistui, tiedosto luotiin haluttuun kansioon.
5. Avataan Navisworks Simulateen haluttu malli, jonka jälkeen valitaan Home-välilehdeltä Append.
6. Valitaan Files of type: RVM ja etsitään äsken luotu tiedosto > Open.
7. Mallin pitäisi aueta automaattisesti Navismalliin.



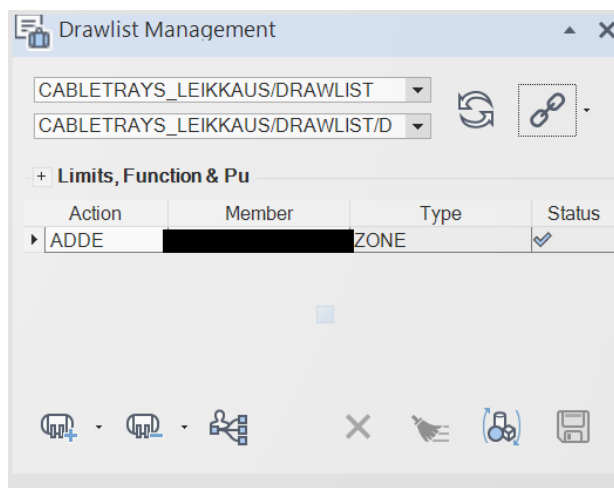
Kuvio 20 Hyllykannakkeet-esimerkin malli nostettuna Navisworksiiin.

## Työkuvien luominen (Draw-moduuli)

Työkuvia luodaan lähtökohtaisesti asentajia varten. Ihanteellisimmassa tilanteessa asentajilla on mahdollisuus tarkastella myös 3D-mallia, mutta ei voida olettaa, että asentajat osaavat esimerkiksi ottaa mittoja mallista. 3D-malliin on todennäköisesti myös haastavaa päästä käsiksi työmaalla ollessa, koska sen tarkasteluun tarvitaan tietokone ja oikeanlaiset ohjelmistot. Siksi on tärkeää, että 3D-mallista luodaan tarpeeksi havainnollistavat työkuvat, joista näkee selkeästi, miten ja minne kyseinen laite tai komponentti on tarkoitettu asennettavan. Esimerkiksi kaapelihyllyjen työkuvista tulisi siis käydä ilmi niiden leveys, korko ja sijainti riittäväillä mittatiedoilla (esim. rakenteisiin nähden), sekä mahdollinen positio. AVEVA E3D:llä voidaan luoda piirustuksia mistä tahansa tarkastelu-suunnasta, joten on myös tärkeää miettiä, mistä kuvakulmasta näkymä on havainnollisin.

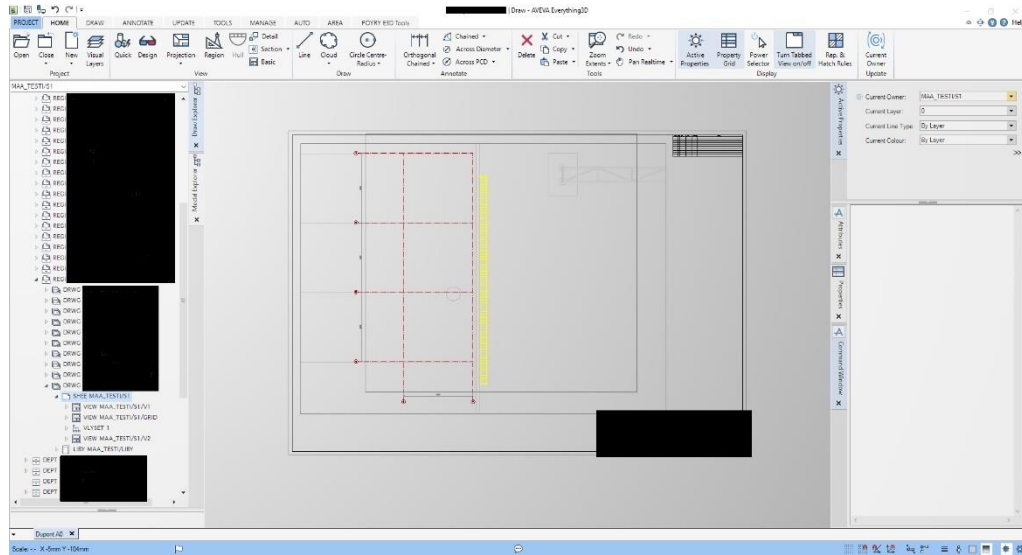
Työkuvien luominen aloitetaan luomalla PROJECT-välilehdeltä DRWG-elementti (Drawing). Template Types -alasuvalikosta valitaan haluttu tyyppi, jonka jälkeen valitaan haluttu pohja aktiiviseksi > Create. Etsitään hierarkiasta oikea REGI, jonka alle DRWG luodaan, nimetään pohja kuvaavasti > Create. Ohjelma luo hierarkiaan DRWG-elementin, jonka alla on tasot SHEE ja LIBY. SHEE-tason alla on VIEW-tasoja. VIEW-tasoja luodaan tarpeen mukaan siten, että esimerkiksi rakennusmalli on omalla tasollaan, mittaruudukko omallaan ja laitteet/komponentit omallaan. Työkuvien koostaminen tapahtuu seuraavasti:

1. Valitaan Draw Explorerista haluttu VIEW aktiiviseksi klikkaamalla sen päällä hiiren oikeaa näppäintä > Select Element.
2. Yläpalkkiin aukeaa uusi välilehti FORMAT 2D, josta valitaan Section: Cutting List.
3. Avataan Model Explorer ja raahataan auenneeseen Drawlist Management -formiin haluttu elementti Model Explorerista, esim. tietyn alueen kaapelihyllyt > Save Drawlist > Associate to View.
  - a. Associate to View yhdistää Drawlistin aktiiviseen näkymään. Tässä vaiheessa Drawlistejä on vielä yksi, mutta kun niitä on useampi tulee jokainen Drawlist linkittää omaan näkymäänsä. Käytännössä tämä tarkoittaa juurikin sitä, että rakennusmalli on omalla tasollaan, mittaruudukko omallaan ja laitteet/komponentit omallaan jne.



Kuvio 21 Drawlist Management.

4. Kun Drawlist on tallennettu ja linkitetty, formi voidaan sulkea. Näkymä aktiivisena valitaan FORMAT 2D -välilehdeltä Modify: Edit in 3D.
  - a. 3D-näkymä aukeaa > hiiren oikea näppäin > valitaan PowerWheelistä Zoom Extends.
  - b. Etsitään haluttu näkymä hiirellä pyöritellen ja/tai Direction-palstan työkalujen avulla > Complete: Apply.
  - c. Näkymä aktiivisena (Select Element) sitä voidaan esimerkiksi skaalata FORMAT 2D -välilehden Scale-palstan työkalulla, sijoitella uudelleen Edit in 3D tai vaihtaa ulkoasun tyyliä Representation Styles.
5. Uusia näkymiä kannattaa luoda FORMAT 2D -välilehden View: Projection avulla, koska tällöin näkymä on automaattisesti samassa kohdassa ja sille nostetut elementit asettuvat oikein. Toinen vaihtoehto on hakea attribuutit ensimmäisestä näkymästä, ja syöttää sijainti- ja skaalaustiedot uuteen näkymään, jotta päällekkäiset näkymät osuvat kohdakkain.
6. Huom! Asetuksista riippuen tehdyt muutokset eivät välttämättä päivity näkymään heti, vaan näkymä joudutaan päivittämään manuaalisesti UPDATE: Drawing: All > Sheet.



Kuvio 22 Kaapelihyllyn tasokuva.

7. Kun työkuvalle on luotu pohja, siihen voidaan lisätä esimerkiksi mittatietoja.

- a. Valitaan Active Properties -formista Current Owneriksi SHEE-taso, jotta ohjelma osaa luoda hierarkiaan NOTE-elementin SHEE-tason alle, ja kaikki huomautukset/lisätiedot saadaan samalle tasolle. Tämän jälkeen voidaan lisätä halutut tiedot.
  - i. ANNOTATE-välilehdellä on mm. tekstityökalu (Insert-palsta) ja etäisyyksien mittaamiseen tarkoitettu työkalu (Annotate-palsta).
  - ii. DRAW-välilehdellä on piirtotyökaluja, joita voidaan hyödyntää mittatietojen ja huomautusten merkitsemisessä.

## 5 Pohdinta

### 5.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda työohjeistus sähkösuunnittelun 3D-mallinnuksen tueksi AFRY Finland Oy Jämsän toimistolle, sekä kartoittaa työn alla olevien projektitietokantojen muokaus-/päivitystarve. Opinnäytetyön kirjoittaja kouluttautui samalla AVEVA E3D -osaajaksi. Toimeksiantajan toiveena oli lopputulos, jossa AVEVA E3D -ohjelmasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty irti.

Aloitusvaiheessa opinnäytetyön kirjoittaja ei ollut käyttänyt kyseistä suunnitteluohjelmaa tai tehnyt 3D-mallinnusta aikaisemmin. Ohjelmaan tutustuminen alkoi AVEVA:n oman verkkokurssin opetusvideoiden, sekä verkkokurssin sisältämän pilvipalvelun kautta käytettävän AVEVA E3D -harjoitustietokannan avulla. Samaan aikaan AFRY Finland Oy:n asiakkaalle Genencor International Oy:n tehtaille tehtiin 3D-suunnittelua, johon opinnäytetyön kirjoittaja osallistui.

Opinnäytetyöprosessin ollessa jo käynnissä toimeksiantajan arkistoista löytyi 31.7.2018 pidetyn E3D-koulutuksen materiaalit. Koulutusmateriaalit sisälsivät ohjeistuksen suunnitteluohjelman perustoimintoihin, sekä alustusta eri suunnittelualojen mallinnuksiin. Sähkösuunnittelijan näkökulmasta manuaalista ei kuitenkaan ollut hyötyä kaikista yksinkertaisimpia komentoja pidemmälle. Opinnäytetyössä sen sijaan on nostettu esille sähkösuunnittelijalle hyödyllisimmät työkalut.

Opinnäytetyötä rajatessa toimeksiantaja esitti toiveen uusien kaapelihyllytyyppien määrittelystä AVEVA E3D -projektitietokantoihin. Uusien komponenttien määrittely tapahtuu järjestelmän ylläpitäjän eli administraattorin toimesta. Opinnäytetyön kirjoittajan tehtävänä oli siis selvittää nykyinen tilanne, ja kartoittaa sen mukaan administraattorille lähetettävät lisä- ja/tai muutostarpeet.

Tavoitteena oli, että komponenttikirjasto sisältäisi työn valmistuessa asiakkailta yleisimmin käytössä olevat kaapelireittien komponentit, eli:

- Tikashylly
  - Sinkitty
  - Ruostumaton teräs
  - Elintarvikekelpoinen
  - Palonkestävä
- Valaisinripustuskisko.

Opinnäytetyön aloitusvaiheessa projektitietokannoissa oli vaihtelevasti hyllymäärittelyjä eri valmistajilta. Grafiikan puolesta näillä spekeillä pääsi jo halutunlaiseen lopputulokseen, mutta suurin hyöty ohjelmasta saadaan irti, kun spekit vastaavat todellisia komponentteja. Siksi uusien hyllypekkien määrittelyn kaavailtiin tapahtuvan Meka Pro Oy:n tuotevalikoiman pohjalta, koska AFRY Finland Oy:n asiakkailta käytetään pääsääntöisesti Meka Pro Oy:n kaapelihyllyjä sekä hyllytarvikkeita.

## 5.2 Opinnäytetyön lopputulos

Opinnäytetyöaihetta rajatessa todettiin, että työohjeistuksen tulisi keskittyä ensisijaisesti kaapelihyllyihin. Kaapelihyllyjen osalta opinnäytetyöstä saakin kattavan infopakettin, ja ohjeet 3D-mallinnuksen aloitusta ajatellen. Muiden sähkökomponenttien osalta opinnäytetyö jäi hieman suppeaksi. Kirjoittamisprosessin ohella käytännön kokemusta 3D-mallinnuksesta tuli enimmäkseen kaapelihyllyjen osalta, joten muut komponentit jäivät taka-alalle. Opinnäytetyöprosessin aikana saatiin kuitenkin määriteltyä, mitä sähkösuunnittelijan tulisi mallintaa.

Tultiin siihen lopputulokseen, että lähtökohtaisesti seuraavat komponentit ja laitteet mallinnetaan:

- Kaapelihyllyt
  - Kaikki runkohyllyt
  - Pistohyllyt, jos tilavaraus nähdään tarpeelliseksi
- Kaapelihyllykannakkeet runkohyllyihin
- Sähkökeskukset/-kaapit/-kotelot
- Turvakytkimet
- Muuntajat
- Kiskosillat
- Taajuusmuuttajat
- Ohjauspulpetit
- Valaisinripustuskiskot
- Suuret ja keskeisellä paikalla sijaitsevat valaisimet.

Toimeksiantajan näkökulmasta opinnäytetyön päätavoite oli kouluttaa opinnäytetyön kirjoittajasta sähkösuunnittelun 3D-osaaja. Tämä tavoite toteutui hyvin, sillä kirjoittamisprosessin ohella opinnäytetyön kirjoittaja on tehnyt 3D-mallinnusta kahdessa eri projektissa, joista ainakin toisen osalta 3D-mallinnus jatkuu vielä opinnäytetyön jälkeen. Lisäksi tiedonkeruun ja kehittämistyön ohella opinnäytetyön kirjoittaja on joutunut perehtymään järjestelmän toimintaan muutenkin kuin itse 3D-suunnittelun näkökulmasta, joka on toimeksiantajalle hyödyksi esimerkiksi tulevaisuuden kehitystarpeita ajatellen.

Projektitietokantoihin saatiin tuotua opinnäytetyöprosessin aikana yksi uusi Meka Pro Oy:n spekki, joka sisälsi hyllykannakkeita, sekä osan tavoitteena olleista hyllykomponenteista. Kannakkeita ei ole aikaisemmin mallinnettu, koska se on ollut työläämpää ja monimutkaisempaa. Nyt kun valmiita kannakekomponentteja on saatu nostettua projektitietokantoihin, ne voidaan jatkossa mallintaa hyvinkin yksinkertaisesti, joten siltä osin lopputulos on erittäin hyvä. Lisäksi jo tämän spekin mukana kirjastoon saatiin uutena komponentti valaisinripustuskiskolle.

Muulta osin komponenttikirjastojen päivityksen lopputuloksen tarkastelu on haastavaa, koska työ jää raportin julkaisuvaiheessa siten kesken, että uusia komponentteja ei ole vielä päästy testaa-

maan. Päivitystyö on kuitenkin siirretty eteenpäin administraattorille. Projektitietokantojen raportin aikainen tilanne saatiin selvitettyä, sekä kartoitettua kehitystarpeet ja -mahdollisuudet, joten opinnäytetyön kirjoittajan osuus valmistui opinnäytetyöprosessin aikana. Kun administraattori saa työnsä päätökseen, toimeksiantaja saa käyttöönsä päivitetyt komponenttikirjastot. Jos komponenttikirjastojen päivitys onnistuu siltä osin, mitä päivityspyynnössä on määritelty, lopputulos on erittäin hyvä. Uudet spekit sisältävät kaikki tavoitellut Meka Pro Oy:n hyllykomponentit.



## Lähteet

AVEVA E3D Design esite. N.d. AVEVA:n verkkosivut. Viitattu 31.5.2021.

[https://www.AVEVA.com/content/dam/AVEVA/documents/brochures/AVEVA-E3DDesign\\_Plant-2019.pdf.coredownload.inline.pdf](https://www.AVEVA.com/content/dam/AVEVA/documents/brochures/AVEVA-E3DDesign_Plant-2019.pdf.coredownload.inline.pdf).

AVEVA PDMS. N.d. AVEVA:n verkkosivut. Viitattu 15.6.2021.

<https://www.AVEVA.com/en/products/AVEVA-pdms/>.

AVEVA Plant Support, 2021. Sähköpostiviesti 16.6.2021. Viitattu 15.9.2021.

Getting Started with AVEVA E3D. N.d. AVEVA käyttöopas. Viitattu 31.5.2021.

[https://help.AVEVA.com/AVEVA\\_Everything3D/1.1/GS/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm#href=GS\\_FP.html&single=true](https://help.AVEVA.com/AVEVA_Everything3D/1.1/GS/wwhelp/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm#href=GS_FP.html&single=true).

Hagerman & Company, Inc, 2019. "Navisworks for Demo & Construction: Timeliner & Animator". YouTube video, 5:36, julkaistu 5.3. Viitattu 15.9.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=R2DaeELddEY&t=2585s>.

Hyökki, V. 2018. E3D Koulutus. Pöyry Finland Oy:n AVEVA E3D -manuaali. Viitattu 15.6.2021.

ISODRAFT User Guide. N.d. AVEVA käyttöopas. Viitattu 31.5.2021.

[https://help.AVEVA.com/AVEVA\\_Everything3D/1.1/ISOUG/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm#href=ISOUG\\_FP.html](https://help.AVEVA.com/AVEVA_Everything3D/1.1/ISOUG/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm#href=ISOUG_FP.html).

Lankinen, J. 2019. Informaatiovirran integrointi Valmetin suunnittelujärjestelmissä. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, tuotantotekniikka, konetekniikan koulutusohjelma. Viitattu 15.6.2021. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/166164/Lankinen\\_Juuso.pdf;jsessionid=9046CC8D02138158210C3988E14E43B2?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/166164/Lankinen_Juuso.pdf;jsessionid=9046CC8D02138158210C3988E14E43B2?sequence=1).

Mallinnus näkyy jo kaikkialla. 16.1.2019. POF Visualsin verkkosivut. Viitattu 10.6.2021. <https://pof-visuals.fi/3d-mallinnus-nakyy-jo-kaikkialla/>.

Navisworks. N.d. Buildpointin verkkosivut. Viitattu 31.5.2021. <https://buildpoint.fi/ohjelmistot/autodesk/navisworks/>.

Orinox, 2016. "ORINOX Formation - AVEVA EVERYTHING 3D (E3D) Training course". YouTube video, 1:53, julkaistu 1.3. Viitattu 15.9.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=5VeWbfS9Gbk>.

Palvelumme Suomessa. N.d. AFRYn verkkosivut. Viitattu 15.6.2021. <https://AFRY.com/fi-fi/palvelumme>.

Tietoa meistä. N.d. AFRYn verkkosivut. Viitattu 15.6.2021. <https://AFRY.com/fi-fi/tietoa-meista>.

Toimistomme Suomessa. N.d. AFRYn verkkosivut. Viitattu 15.6.2021. <https://AFRY.com/fi-fi/toimistot/toimistomme-suomessa>.