



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jari Rintamäki

---

# Tuotekonfiguroinnin automatisointi EPLAN-ohjelmistolla

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Jari Rintamäki

Työn nimi: Tuotekonfiguroinnin automatisointi EPLAN-ohjelmistolla

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 5

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, millä sähkösuunnitteluohjelman (Eplan) lisäosalla pystytään toteuttamaan tuotekonfigurointia mahdollisimman tehokkaasti ja yksinkertaisesti. Tavoitteena oli myös luoda valitulla lisäosalla konfigurointimalli ARNON Oy:lle.

Opinnäytetyössä tutkittiin aluksi, mitkä lisäosat mahdollistavat tuotekonfigurointia, ja verrattiin niitä keskenään Eplanin tuotekuvauksista saatavan tiedon perusteella. Näistä lisäosista valittiin yksi opinnäytetyössä tehtävän sovelluksen toteuttamiseksi. Verrattavat lisäosat olivat: Cogineer, API Extension, eBUILD ja EEC one. Näistä lisäosista parhaimmaksi osoittautui eBUILD. Työhön kuitenkin valittiin Cogineer-lisäosa, koska siitä oli olemassa perusversio opiskelijalisenssin mukana. Myöhemmin saatiin käyttöön Cogineer Advanced -versio.

Opinnäytetyössä käytettiin Cogineer-sovellusta luotaessa yritykselle tuotekonfiguraatiomalli ABB:n Multidrive-yksiköstä. Työssä selvitettiin Cogineerin tärkeimmät ominaisuudet ja projektille tehtävät operaatiot, jotta tuotekonfigurointi voitiin toteuttaa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan tuotekonfiguraatiomalli, jota yritys pystyy käyttämään pohjana kehittäessään konfigurointimallia edelleen ja luomaan uusia tuotekonfigurointimalleja.

<sup>1</sup> Asiasanat: Eplan, sähkösuunnittelu, suunnittelu, automaatio, tuotemallit

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Jari Rintamäki

Title of thesis: Product Configuration Automation in EPLAN-software

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2021

Number of pages: 47

Number of appendices: 5

---

The purpose of the thesis was to research EPLAN addons which offer ways to automate product configuration processes as efficiently and simply as possible. Another purpose was to create a configuration model with a selected addon for ARNON Oy to continue from.

The EPLAN addons that were chosen for this thesis were: Cogineer, API Extension, eBUILD and EEC one. These addons were compared based the information that is provided on EPLAN product description web pages. The best one was eBUILD addon. However, the addon that was used in this thesis was Cogineer addon, because there already was a basic version of it in the EPLAN education version. Later it was upgraded to Cogineer Advanced addon.

The Cogineer addon was used to create a product configuration model from an ABB Multidrive unit. The main thing was to clarify the basic functionalities of the Cogineer addon and what had to be done with the project so that the product configuration would be as easy and possible. As the result of the thesis, there is now a basic product configuration model for the company to use and expand from.

<sup>1</sup> Keywords: Eplan, electrical planning, planning, automation, product model

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	3
Kuvaluettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO .....	9
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Työn tavoite .....	9
1.3 Työn rakenne .....	9
1.4 Arnon .....	10
2 SÄHKÖSUUNNITTELU.....	11
2.1 Yleistä sähkösuunnittelusta .....	11
2.2 Tasopiirustus.....	11
2.3 Pääkaavio .....	11
2.4 Piirikaavio.....	12
3 EPLAN .....	13
3.1 EPLAN yrityksenä .....	13
3.2 Eplan Electric P8.....	13
3.3 Eplan API Extension.....	13
3.4 Eplan EEC one.....	14
3.5 Eplan eBUILD .....	14
3.6 Eplan Cogineer .....	15
3.6.1 Eplan Cogineer Designer.....	16
3.6.2 Eplan Cogineer Builder .....	17
3.7 Makro.....	17

3.8	Placeholder .....	18
3.9	EPLAN-sovellusten vertailu .....	18
3.9.1	Neljän eri sovelluksen vertailu.....	18
3.9.2	Vertailun tulos .....	21
4	TUOTEKONFIGUROINTI .....	22
4.1	Yleistä .....	22
4.2	Myyntikonfigurointi .....	23
4.3	Tuotantokonfigurointi.....	23
4.3.1	Suunnittelurakenne .....	23
4.4	Yksi tuote – monta rakennetta.....	24
4.4.1	Myyntirakenne.....	24
4.5	Konfigurointimallien suunnittelu .....	25
4.5.1	Tuotantokonfigurointimalli .....	25
4.6	Cogineer .....	25
5	COGINEER-SOVELLUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO.....	26
5.1	Multidrive -yksiköistä .....	26
5.2	Piirikaavioiden ja tasopiirustuksien soveltaminen .....	27
5.2.1	Kansiorakenne .....	27
5.2.2	Placeholder-objektin käyttö.....	28
5.2.3	Makrokehykset.....	29
5.3	Generoitavien kuvien konfigurointi.....	30
5.4	Käyttöliittymän konfigurointi.....	33
5.5	Konfiguraattorien luonti .....	35
5.6	Konfiguroinnin käyttö Builder-toiminnolla.....	36
6	TULOKSET .....	38
6.1	Vertailun tulokset.....	38
6.2	Konfiguraation luonti.....	39

6.2.1	Konfiguraattorin versio 1 .....	39
6.2.2	Konfiguraattorin versio 2 .....	40
6.2.3	Konfiguraattorin versio 2.1 .....	41
6.2.4	IF-ELSE-rakenne .....	42
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	44
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET .....	47

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Cogineer-lisäosan graafinen kuvaus (The Cogineer, [viitattu 11.3.2021]).	16
Kuva 2. Konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi (Martio 2015, 24).	22
Kuva 3. Multidrive-runkokoot (ABB industrial drives, [viitattu 2.4.2021]).	26
Kuva 4. Kansiorakenteen kuvaus.	28
Kuva 5. Placeholder-objektin parametrit.	29
Kuva 6. Makrokehyksen komponentit.	30
Kuva 7. Macro-Typical-muuttujat ja makronavigaattori.	31
Kuva 8. Makroille määriteltävät parametrit.	32
Kuva 9. Typical-Group-ikkuna.	34
Kuva 10. Typical-Group-osiossa annettavat parametrit Macro-Typical-elementille.	35
Kuva 11. Configurators-osion ikkuna.	36
Kuva 12. Builder-toiminnon aloitusikkuna.	36
Kuva 13. Builder-toiminnossa annettavat parametrit tuotteelle.	37
Kuva 14. Konfiguraattorin versio 1.	39
Kuva 15. Konfiguraattorin versio 2.	41
Kuva 16. Konfiguraattorin versio 2.1.	42
Kuva 17. Kokonaistehon laskentalause.	43

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>.Net 4.5.2</b>	Microsoftin kehittämä ohjelmistokomponenttikirjasto.
<b>.XML</b>	Tiedostotyyppi, jonne voidaan määrittää ja tallentaa loogisella rakenteella muuttujien merkintämuoto ja niiden arvo.
<b>ERP</b>	Yrityksissä käytettävä toiminnanohjausjärjestelmä, jolla voidaan hallita valmistusta, henkilöstön toimintoja, raportointia, toimitusketjuja ja taloushallintoa. Enterprise Resource Planning.
<b>IGBT-tasasuuntaaja</b>	Virtalähdetyyppi, joka muuttaa kolmivaihevaihtojännitteen tasajännitteeksi. Insulated-Gate Bipolar Transistor.
<b>PLM/PDM</b>	Tuotetiedon hallintajärjestelmiä, joilla käsitellään tuotteen valmistusta, kehitystä ja elinkaarta. Product Lifecycle Management/ Product Data Management.
<b>VBA</b>	Microsoftin luoma tapahtuma-ajoinen ohjelmointikieli. Visual Basic for Applications.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Arnonilla, työn toimeksiantajalla, on vahva osaaminen sähkösuunnittelussa ja mekaanisessa kokoonpanossa. He haluavat löytää keinon, miten Eplan-sähkösuunnitteluohjelmalla voidaan generoida automaattisesti tasopiirustuksia sekä pää- ja ohjauspiirikaavioita. Toimintoa halutaan käyttää myynnin tukena, sillä se vähentäisi huomattavasti suunnittelu-aikaa ja näin tarjousten käsittely nopeutuisi.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli tutkia erilaisia menetelmiä tuotekonfiguroinnin toteuttamiseksi. Työssä haluttiin

- selvittää, mitkä Eplan-lisäosat tarjoavat parhaat mahdollisuudet toteuttaa tuotekonfigurointia,
- tehdä lisäosista lyhyt selvitys, josta selviää, mitkä kunkin lisäosan vahvuudet ja heikoudet ovat ja valita niistä suositeltava lisäosa,
- selvittää valitun lisäosan käyttömahdollisuudet,
- toteuttaa esimerkkituotekonfiguraatio, käyttäen ABB ACS880 Multidrive -tuoteperheen yksiköitä sekä
- luoda selvitys toimenpiteistä ja asioista, joita täytyy tehdä Cogineer-lisäosaan tuotaville projekteille ennen sovelluksen käyttämistä.

## 1.3 Työn rakenne

Luvussa kaksi kerrotaan yleisesti sähkösuunnittelusta ja suunnitteluun liittyvistä sähkökuvista. Luvussa kolme kerrotaan EPLAN Electric P8 -sähkösuunnitteluohjelmistosta ja siihen saatavista konfigurointilisensseistä. Siinä myös selvitetään, mitkä lisäosat tarjoavat parhaat mahdol-

lisuudet toteuttaa tuotekonfigurointia Electric P8-ohjelmistolla. Luvussa neljä kerrotaan tuotekonfiguroinnista ja millainen hyötyä sovelluksella saavutetaan tehtäessä tuotekonfigurointirakennetta. Luvussa viisi kerrotaan konfiguroitavasta tuotteesta ja miten tuotteita konfiguroidaan Cogineer-lisäosalla. Luvussa kuusi on työn päätelmiä ja lopputuloksia. Luvussa seitsemän on työn yhteenveto ja omaa pohdintaa.

#### **1.4 Arnon**

Työn toimeksiantajan nimi on Arnon Oy. Arnon oli entiseltä nimeltään Tampereen Keskustekniikka Oy. Yrityksen nimi vaihtui Arnon Oy:ksi 1.3.2017–31.3.2017. (Tampereen Keskustekniikka on nyt Arnon, 1.3.2017).

Yhtiö on perustettu vuonna 1978. Pääkonttori sijaitsee Tampereella. Lisäksi muita yksiköitä on Kauhavalla, Vaasassa, Tukholmassa ja Puolan Wejherowossa. Opinnäytetyö tehtiin Kauhavan yksikössä. Arnon tarjoaa asiakkailensa teollisuuden sähkö- ja automaatiopalveluja, joihin kuuluu energian-, meri- ja kaivostoimittajien koneiden, laitteiden ja järjestelmien palveluja. (Art of Automation, [viitattu 4.4.2021].)

## 2 SÄHKÖSUUNNITTELU

### 2.1 Yleistä sähkösuunnittelusta

Sähkösuunnittelu sisältää erilaisia dokumentteja. Isommissa tuotantolaitoksissa tavallisimpia sähkösuunnittelijalle suunnittelutietoja antavia dokumentteja ovat: PI-kaavio, LVI-piirustukset, laitevalmistajien tekniset esitteet, laitoksen tai sen osan toimintaselostukset, layout-piirustukset ja laite-erittelyt. Näiden pohjalta sähkösuunnittelija pystyy toteuttamaan tarvittavat sähköpiirustukset. (Mäkinen & Kallio 2004, 204–205.)

### 2.2 Tasopiirustus

Suunnitteluvaiheessa automaatio-, sähkö- ja prosessisuunnittelijat tarvitsevat layout-piirustuksia, jotta he voivat lisätä omat laitteensa piirustuksiin asennustyön suorittamista varten. Jotta suunnitelmat saadaan viimeistelyä, täytyy suunnitelmista tarkastaa, etteivät laitteiden asennuspaikat törmää toisiinsa. Tämän mahdollisuuden poistamiseksi suoritetaan törmäystarkastus. 3D-suunnittelu on huomattavasti helpompi tapa tarkastella eri laitteiden yhteensopivuutta. (Mäkinen & Kallio 2004, 201.)

Asennustyössä layout-piirustuksia käytetään hyväksi yksityiskohtaisissa koneiden ja laitteiden asennustöissä. Layout-piirustusta täydennetään sähkölaitteiden sijoituspiirustukseksi sähköistystä varten. (Mäkinen & Kallio 2004, 204–205.)

### 2.3 Pääkaavio

Pääpiirikaavio piirretään sähkökeskuksen pääjännitteen syötöstä ja pääkomponenteista. Siinä vaihejohtimet, nollajohdin ja suojajohdin kuvataan yhdellä viivalla. Pääkaaviosta saadaan selville pääkatkaisijan ja siihen liitettyjen kulutuskojeiden sähkötehot, niiden käynnistimet ja pääsulakkeet. Syöttökaapelointi, liittymisteho, virta- ja taajuustiedot sekä pääjännite merkitään pääpiirikaavioon. Sähköalan ammattilainen saa helposti yleiskuvan sähkökeskuksen rakenteesta ja kokoonpanosta. (Mäkinen & Kallio 2004, 208.)

## 2.4 Piirikaavio

Piirikaaviot suunnitellaan prosessisuunnittelusta saatavan toimintaselostuksen ja PI-kaavion perusteella. Niihin merkitään laitteiden ohjauskojeet ja käynnistimet. Käynnistinmallit valitaan prosessilaitteen, sähköverkon ominaisuuksien ja käytettävän laitteen perusteella. Piirikaaviota voidaan pitää sähköalan ammattilaiselle laadituksi toimintaselostukseksi. Siitä saadaan selville ohjauskytkentä ja piirin toiminta. Yleensä piirikaavio jaetaan niin, että yksi sivu tai kaavio liittyy yhteen laitteeseen tai moottoriin. Piirikaavio on tärkeä osa valmistettaessa keskuksen kytkentöjä ja laitoksen rakennus- ja käyttöönottovaiheessa. Piirikaavioiden loppupiirustuksiin on merkitty kaikki tehdyt muutokset ja korjaukset. Nämä jäävät laitoksen sähköasentajien käyttöön. (Mäkinen & Kallio 2004, 209.)

## **3 EPLAN**

### **3.1 EPLAN yrityksenä**

EPLAN on saksalainen yritys, joka on perustettu vuonna 1984. Se on osa Friedhelm Loh Group -konsernia. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti 12100 henkilöä. EPLAN tarjoaa ohjelmistoja mekatroniikka-, sähkö- ja automaatio suunnitteluun. EPLAN tekee myös räätälöityjä ohjelmia ja rajapintoja ERP- ja PLM/PDM- järjestelmiin. EPLAN-yrityksellä on Suomessa toimisto Tampereella ja Vantaalla. (Yritysprofiili, [viitattu 1.3.2021].)

### **3.2 Eplan Electric P8**

Electric P8 -ohjelman avulla pystytään toteuttamaan koneiden ja laitteistojärjestelmien sähkösuunnittelu. Se on yhdenmukainen, integroitu ja nopea suunnittelujärjestelmä. Järjestelmä tukee useita suunnittelumenetelmiä, manuaalisesta suunnittelusta mallipohjaiseen suunnitteluun. Electric P8 mahdollistaa monipuoliset vaihtoehdot suunnitteluun. Automaattinen raporttien generointi on piirikaavioihin perustuva, mikä on olennainen osa kannattavaa suunnittelu järjestelmää. Se mahdollistaa projektin edetessä toteutusvaiheessa tarvittavan tiedonsaannin. Järjestelmästä saadaan helposti tarvittavat tiedot hankinta-, kokoonpano-, käyttöönotto- ja huoltodokumentaatiota varten. Kaavioon syötetyt projektitiedot muodostavat perustan koneen automatisoinnille ja laitteistojärjestelmän dokumentaatiolle. (EPLAN Electric P8, [viitattu 1.3.2021].)

### **3.3 Eplan API Extension**

API-lisäosa tarjoaa mahdollisuuden toimintojen lisäämiseen Eplaniin ja niiden toimintojen integroimiseen yrityksen toimintaan. API-lisäosan avulla voidaan ohjelmoida lisäosia ja offline-sovelluksia. Apuohjelmien avulla voidaan parantaa EPLAN-toimintoja ja lisätä ne suoraan EPLAN-käyttöliittymään. Se mahdollistaa useita toimintoja, joiden avulla voidaan käyttää suo-

raan EPLAN-projektin objekteja ja selata EPLAN-tietomallia. Sillä pystytään esimerkiksi luomaan, muokkaamaan ja poistamaan toimintoja, makroja, sivuja ja projekteja. (What are the capabilities of the EPLAN-API?, 15.12.2018.)

EPLAN-API on tehty käyttäen Microsoft .Net 4.5.2 -teknologiaa. Suositeltu ohjelmointialusta on Microsoftin Visual Studio 2015, mutta API-lisäosan pitäisi myös toimia muilla Visual Studio -versioilla. (EPLAN .Net API, 23.3.2018.)

### **3.4 Eplan EEC one**

EPLAN Engineering Configuration (EEC) -lisäosa antaa mahdollisuuden tuoda tuoteperheestä tuotteet modulaariseen EEC one -järjestelmään. Järjestelmä voi näin sisältää paljon erilaisia toiminnallisuuksia. On mahdollista linkittää tuotteen kokoonpanot toisiinsa ja generoida automaattisesti tarvittavat dokumentit ja sähkökuvat. Se mitä generoidaan, riippuu halutusta tuotekonfiguraatiosta. EEC tarjoaa todella optimaalisen käytön yhdistämällä EEC-lisäosan komponentit yrityksen kotisivuille. Tämä antaa uuden lähestymismahdollisuuden myyntiin, tilausten käsittelyyn, mekaaniseen ja sähköiseen suunnitteluun ja kokoonpanoon. Tarvittavat dokumentit pystytään generoimaan yhdellä napin painalluksella. Tämä toimii myös 3D-kokoonpanossa. (EPLAN Engineering Configuration, [viitattu 2.3.2021].)

### **3.5 Eplan eBUILD**

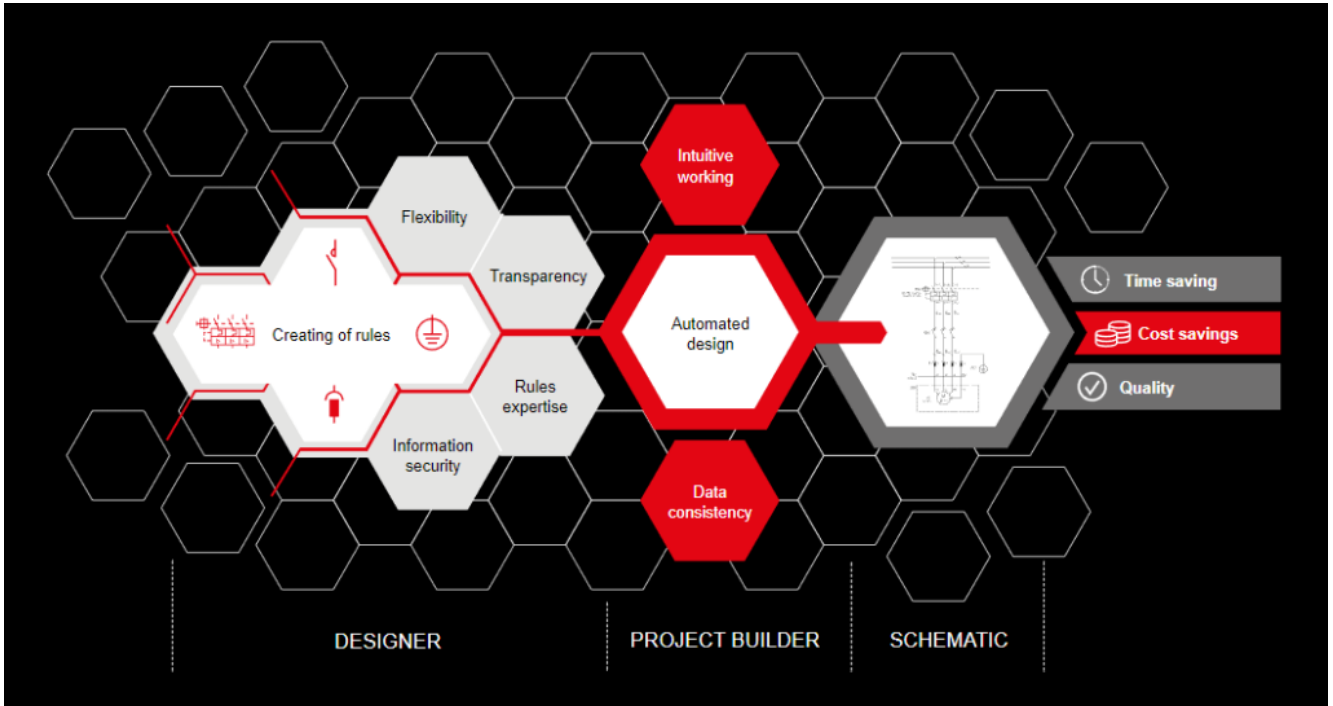
eBUILD-lisäosa antaa käyttäjille mahdollisuuden generoida automaattisesti piirikaavioita pilvipohjaisella ratkaisulla. Tämä on mahdollista esimääriteltujen ja kustomoitujen kirjastojen avulla. eBUILD on vain käytettävissä ePULSE-pilviympäristössä. eBUILD on pilvipohjainen ratkaisu ja se on saatavilla ilmaisversiona tai täysversiona. Ilmaisversioon kuuluu projektirakentaja, usean käyttäjän pääsy ja valmiit kaaviot. Täysversioon tulee lisäksi suunnittelutyökalu ja mukautetut kirjastot pilvipalveluun. (EPLAN eBUILD, [viitattu 2.3.2021].)

### 3.6 Eplan Cograeer

Cograeer-lisäosa mahdollistaa automatisoinnin ja standardoinnin suunnittelussa ja datan käsittelyssä. Se perustuu esisuunniteltuihin kuviin, makroihin, muuttujien arvoihin ja sääntöihin, joita tuotteille asetetaan. Cograeeria voidaan käyttää yhdessä Fluid- tai Electric P8 -ohjelmiston kanssa. Yhteiskäyttö monipuolistaa projektikohtaisen tiedon käsittelyä. Se miten Cograeeria voidaan käyttää, riippuu tuotteesta, jota halutaan generoida. (The Cograeer, [viitattu 11.3.2021].)

Kaikki tuotteeseen tarkoitettu tieto sijoitetaan makroprojektiin, eli tämä myös tarkoittaa kaikkia elementtejä, joita luodaan Cograeerillä. Kun makroprojekti luodaan, Cograeer näkee sen kirjastona, jota käytetään luodessa Makro-Typical-, Typical-Group- ja Configurator-sovelluksia. (The Cograeer, [viitattu 11.3.2021].)

Macro-Typical-osio on osa tuotetta ja sitä koskevat makrot siirretään Macro-Typical-osioon ja myös niiden hallinta hoidetaan tässä sovelluksessa. Typical-Group-sovellukseen tuodaan kaikki tuotteen osat (Macro-Typical-osiot) ja konfiguroidaan niille sopiva käyttöliittymä. Configurator-osioon tuodaan Typical-Group-osiolla tehdyt makrot, siellä näkyvät kyseisen tuotteen tärkeimmät komponentit. (The Cograeer, [viitattu 11.3.2021].)



Kuva 1. Cogineer-lisäosan graafinen kuvaus (The Cogineer, [viitattu 11.3.2021]).

Kuvassa 1 on visuaalinen esitys Cogineer-lisäosan eduista ja mahdollisuuksista sähkösuunnittelussa. Cogineer tarjoaa joustavuutta ja helppokäyttöisyyttä, josta saadaan hyötyä suunnittelujan ja kustannuksien vähenemisessä ja suunnittelulaadun paranemisessa.

### 3.6.1 Eplan Cogineer Designer

Designer on suunnittelutyökalu, jossa käsitellään tuotekokonaisuuksia ja annetaan niille ehtoja täytettäväksi. Tiedot siirtyvät myöhemmin projektirakentajaan (Project Builder) suunnittelijan käytettäväksi. Tuotteen rakennusehdot asetetaan Macro-Typical-, Typical-Group- ja Configurator-osioihin. Suunnittelija antaa projektirakentajan vaatimat tiedot, jotka ovat projektikohtaista tietoa. Näin suunnittelija pystyy generoimaan useita eri tuotekonfiguraatioita. Macro-Typical-osio on tuoteosuus, se sisältää tuoteosuuden osakomponentit. Jokainen Macro-Typical määrittää tietyn osan tuotteen konfiguroitavista komponenteista. Macro-Typical toimii samalla tavalla kuin verkkokauppojen valintarobotit. Typical-Group-osio on elementti, jossa tuote raken-

netaan Macro-Typical-osion eri tuoteosista ja hallitaan niitä, että haluttu tuotekokonaisuus toteutuu tuotetta generoidessa Builder-toiminnolla. Configurators-osioon laitetaan tuotekokonaisuus ja sen eri variantit, joita halutaan konfiguroida projektirakentajassa. Se sisältää kaikki konfiguroitavat Macro-Typical-ryhmät ja Typical-Group-ryhmät. Kun elementtejä liitetään Configurators-osioon, tulevat ne Builder-toiminnon käyttöön. (The Designer: Basics, [viitattu 11.3.2021].)

### 3.6.2 Eplan Cogineer Builder

Builder-toiminto näkee kaikki elementit, jotka on määritelty Designer-toiminnolla. Elementit sisältävät vaaditut tuotekokonaisuuden parametrit. Parametreja muuttamalla saadaan aikaan erilaisia variantteja tuotteesta. (The Project Builder: Basics, [viitattu 11.3.2021].)

## 3.7 Makro

Makrot voivat olla symbolimakroja (symbol macro), sivumakroja (page macro) tai ikkunamakroja (window macro) (Macro Navigator, [viitattu 12.3.2021]). Symbolimakrot ovat symboleita, jotka on tarkoitettu parantamaan symbolikirjastoa ja sen käyttöä. Ikkunamakrot sisältävät kaikki tai osan sähkökuvan komponenteista ilman sähkökuvan otsikointia ja tekstejä. Sivumakrot ovat kuin ikkunamakroja, mutta ne sisältävät varsinaisia sähkökuvasivuja, joissa on myös sähkökuvan otsikoinnit mukana. Symboli- tai ikkunamakrot luodaan käyttäen makrokehystä. (Creating Macros, [viitattu 4.4.2021].)

Makrokehykset (Macro Box) ovat käytettävissä vain makroprojekteissa ja niiden tarkoitus on rajata komponentit tiedettyihin osakokonaisuuksiin. Myöhemmin näitä osakokonaisuuksia voidaan automaattisesti generoida (esimerkiksi generoida ikkunamakroja) käyttäen näitä makrokehyksistä tehtyjä osakokonaisuuksia. (Using Macro Boxes, [viitattu 4.4.2021].)

Makrot tarjoavat monia etuja sähkösuunnitteluun. Makrojen kopiointi mahdollistaa saman graafisen kuvan, mutta käyttäjä pystyy muuttamaan osatiedot ja osan teknisen datan valitun kohteen mukaan. Makrojen tiedon tallentaminen mahdollistaa niiden tuonnin uuteen projektiin

myöhemmin, mutta tämä vaatii, että makroon on tallennettu Placeholder-objekti, joka pitää halutun tiedon sisällään, ja antaa halutun tiedon automaattisesti uudelle makrolle. (Macros, [viitattu 12.3.2021].)

### **3.8 Placeholder**

Placeholder on objekti, johon pystytään määrittelemään muuttujia. Muuttujat sijoittuvat valitun makron parametreihin. Tällaisia parametreja ovat symbolimakron nimi, osatieto tai liitinnumero. Muuttuja aina alkaa merkillä "<" ja loppuu merkillä ">". Koska Placeholder-objektiin voidaan määritellä useita muuttujia yhdelle riville, tämä merkintätapa on välttämätön yksittäisten muuttujien erottamiseksi. (Placeholder objects: Structure and Operation, [viitattu 12.3.2021].)

### **3.9 EPLAN-sovellusten vertailu**

Opinnäytetyön yhtenä osana on tarkoitus tutkia ja vertailla, mitkä Eplanin lisäosat tarjoavat parhaimmat mahdollisuudet toteuttaa tuotekonfigurointia. Tuotekonfigurointi tehtäisiin vakiorakenteisille tuotteille, joita Arnon pystyisi tarjoamaan asiakkaille nopeammalla tilausaikataululla, kuin erikseen räätälöityjä tuotteita.

#### **3.9.1 Neljän eri sovelluksen vertailu**

Vertailtavat lisäosat olivat: EPLAN API Extension, EPLAN EEC one, EPLAN eBUILD ja EPLAN Cogineer. Nämä kaikki lisäosat sisältävät ominaisuuksia, jotka mahdollistavat työn toteutuksen. Vertailussa poimittiin jokaisesta lisäosasta hyvät ja huonot puolet ja niiden perusteella tehtiin ratkaisu sovelluksen valinnasta työn toteuttamiseksi.

API Extension-lisäosan hyvät puolet:

- Käyttäjä pystyy tekemään sellaisen ohjelman kuin itse haluaa. Tämä lisäosa ei rajoituisi yksistään tämän työn tarpeisiin.
- Ohjelmoinnissa käytetään Microsoftin Visual Studiota.

API Extension-lisäosan huonot puolet:

- Vaikeakäyttöinen, mikäli käyttäjällä ei ole kokemusta tai koulutusta ohjelmoinnista.
- Vaatii todella paljon aikaa toimivan sovelluksen aikaansaamiseksi.

EEC one-lisäosan hyvät puolet:

- Microsoft Excel -pohjainen ratkaisu.
- Koska tämä lisäosa käyttää Exceliä, tähän pystytään yhdistämään Visual Basic toiminnot.
- Ei välttämättä tarvitse ohjelmointikokemusta.
- Yksityiskohtainen käyttöohje käytettävissä.

EEC one huonot puolet:

- Käyttöohjeet perustuvat vanhempaan Eplan -versioon (2.1).
- Vaikeaselkoinen käyttöliittymä.

eBUILD-lisäosan hyvät puolet:

- Pilvipohjainen ratkaisu, ei vaadi asennusta.
- Yksinkertainen käyttää.
- Ei tarvita aiempaa ohjelmointikokemusta.
- Käyttää ePULSE-alustaa.
- Sovelluksesta löytyy ilmainen testiversio, mutta siinä on hyvin rajatut käyttömahdollisuudet.
- Monikäyttäjäyhteys.
- Aiemmin suunniteltuja projekteja pystytään käyttämään konfiguroinnissa.

eBUILD-lisäosan huonot puolet:

- Vaatii internetyhteyden.
- Ominaisuuksiltaan yksinkertainen, sovelluksella ei pystytä luomaan funktioita helpottamaan parametrien käsittelyä.

Cogineer-lisäosan hyvät puolet:

- Yksinkertainen käyttää.
- Ei tarvita ohjelmointikokemusta.
- Jo suunniteltuja projekteja pystytään soveltamaan konfiguroinnissa.
- Laaditut konfiguraatiot voidaan tallentaa .XML-tiedostoon ja tuoda myöhemmin käytettäväksi. (Cogineer Advanced-lisäosa).

Cogineer-lisäosan huonot puolet:

- Ominaisuuksiltaan yksinkertainen, eli sovelluksella ei pystytä luomaan funktioita helpottamaan parametrien käsittelyä.
- Luotuja rakenteita ei pystytä jakamaan reaaliaikaisesti muiden suunnittelijoiden kanssa.

Näistä paras vaihtoehto on eBUILD, koska se on yksinkertainen. Lisäosaa ei tarvitse asentaa tietokoneelle ja kaikki tallentuu pilveen. Luotuja projekteja pystytään reaaliaikaisesti jakamaan muille käyttäjille.

Toiseksi sijoittui Cogineer. Se on melko samanlainen käytettävyydeltään verrattuna eBUILD-lisäosaan. Käyttöliittymässä on eroja, mutta peruskäyttö on samanlaista. Koska Cogineer-projekteja ei pystytä jakamaan usealle käyttäjälle käytettäväksi, se sijoittui toiselle sijalle.

Kolmanneksi tuli EEC one. Sillä pystyisi myös toteuttamaan opinnäytetyössä halutun tuloksen, mutta Eplanilla olevat ohjeet ja dokumentit perustuvat vanhempaa Eplan P8 -ohjelmaan. Se missä EEC-lisäosalla on etua kuten Microsoftin Visual Basic Excel-lisäosan käytön suhteen, ei etuja kuitenkaan ollut tarpeeksi verrattuna edellä olevien sovelluksien yksinkertaisuuteen.

Neljänneksi sijoittui API Extension. Tälläkin sovelluksella on mahdollista toteuttaa opinnäyte-työssä määritelty toiminto, mutta se vaatii vähintään viisi kertaa enemmän aikaa käytettäväksi. API-lisäosa on Eplanin räätälöity ratkaisu, jolla yritys pystyy ohjelmoimaan ja kehittämään omia sovelluksia Eplan-alustalle. Sovelluksia voivat käyttää suunnittelijat tai muut yrityksen henkilöt oman työnsä edistämiseksi.

### **3.9.2 Vertailun tulos**

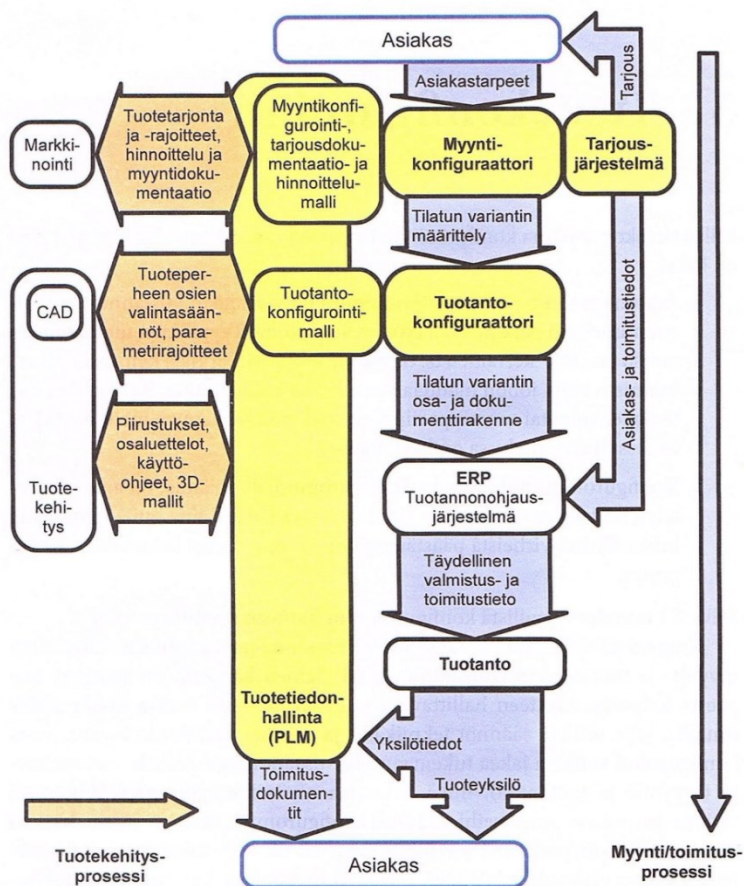
Näistä vertailuista lopullinen voittaja oli eBUILD. Sen suurin etu oli pilvipohjainen ePULSE-alusta ja usean käyttäjän pääsy samoille projekteille. Kuitenkin työ oli nopeinta aloittaa Cogineer-lisäosalla, koska siitä oli saatavilla perusversio opiskelijalisenssin mukana. Myöhemmin saatiin käyttöön Cogineer Advanced -versio. Advanced -versiossa tulee käyttöön perustoimintojen lisäksi: Macro-Typical-instanssien käyttö (Builder-toiminnossa pystyy määrittelemään, montako Macro-Typical-elementtiä otetaan käyttöön. Ei tarvitse kopioida ja määritellä uusia Macro-Typical-elementtejä uudestaan Typical-Group-osiossa). Kaava-editorin yksinkertaistettu versio. Designer-toimintoon tehdyn rakenteen tallentaminen XML-tiedostoon. Builder-toiminnon arvojen tallentaminen XML-tiedostoon ja tiedoston arvojen tuonti uudelleen Builder-toiminnon käytettäväksi.

Cogineer-lisäosa on käytöltään samankaltainen kuin eBUILD, mutta siitä puuttuu pilvipohjainen alusta ja usean käyttäjän samanaikainen työskentely. Kuitenkin työn toimeksiantajalle tästä työstä tulee olemaan hyötyä, koska he pystyvät soveltamaan tässä työssä käsiteltyjä asioita myös eBUILD-lisäosassa.

## 4 TUOTEKONFIGUROINTI

### 4.1 Yleistä

Kun konfigurointi on automatisoitu, kustannuksissa säästetään huomattavasti perustyöhön verrattuna. Tietokone pystyy tekemään kolmen tunnin työn kymmenessä sekunnissa, mikä nostattaa tuottavuuden jopa 1000-kertaiseksi. Kerroin muuttuu pienemmäksi tai suuremmaksi riippuen suunnittelun käytössä olevista apuvälineistä. Konfigurointimalli määrää konfiguroinnin tuloksen ja samoilla lähtöarvoilla saadaan aina sama lopputulos. Täten minimoidaan inhimilliset virheet ja parannetaan toimituksen laatua. (Martio 2015, 23.) Kuvassa 2 esitetään konfigurointimallin eri osa-alueet.



Kuva 2. Konfiguroitavan tuotteen toimitusprosessi (Martio 2015, 24).

## 4.2 Myyntikonfigurointi

Myyntikonfiguraattori ottaa huomioon asiakkaan vaatimukset ja tarpeet tuotteeseen. Jokaista tuotteen ominaisuutta verrataan asiakkaan tarpeisiin. Niistä valitaan asiakkaalle paras konfiguraatio ja tämä konfiguraatio on asiakkaan tarpeisiin soveltuva variantti. (Martio 2015, 25.)

Asiakas ei välttämättä ole kiinnostunut tuotteen komponenteista tai moduuleista, vaan tuotteen ominaisuuksista, hinnasta ja toimitusajasta. Myynnin alkuvaiheessa asiakas tutkii tuotteen eri ominaisuusvaihtoehtoja myyjän kanssa. Apuna tässä voi olla myyntikonfiguraattori. Konfiguraattorin voi sijoittaa myös yrityksen internet-sivuille, mistä asiakas pystyy itsenäisesti tutkimaan tuotetta. (Martio 2015, 25-26.)

## 4.3 Tuotantokonfigurointi

Tuotantotilauksen saapuessa tuotantokonfiguraattori generoi tilauksen mukaisen konfiguraation valmistukseen, käyttäen tuoteperheen etukäteen suunniteltuja konfigurointimalleja. Tuotantokonfiguraattorin tehtäviin toimenpiteisiin kuuluu tuottaa tarvittavat nimikkeet, tuoteominaisuudet, osien valmistusparametrit ja mahdolliset testaus- ja koekäyttöparametrit. Näitä tietoja tarvitsevat suunnittelun, tuotannon ja jälkimarkkinoinnin tuotantorakenteet. Tuotantokonfiguraattorin tehtävänä on myös valita, generoida ja liittää tuotantorakenteen tarvitsemat dokumentaatiot, kuten piirustukset ja ohjeet. (Martio 2015, 35.)

### 4.3.1 Suunnittelurakenne

Suunnittelurakenne määrittelee kaikki tuotteen osat lopullisessa kokoonpanossa, koska se on tuotekehityksen tai suunnittelun tärkein rakenne. Myös kuljetuksen jälkeen poistettavat osat voivat olla osana tätä rakennetta. (Martio 2015, 116.)

#### **4.4 Yksi tuote – monta rakennetta**

Yhdestä tuotteesta pitää olla saatavilla monta erilaista rakennetta. Tuote jaetaan alueisiin, joissa yhteen alueeseen kuuluu useita lohkoja, ja lohkoihin kuuluu useaan alueeseen kuuluvia osia. Rakenteen ylläpito on käsityötä, joten se on todella työlästä, kun esitetään samoja osia eri rakenteessa. (Martio 2015, 133.)

Samana valmistajan taajuusmuuttajista voidaan rakentaa erilaisia rakenteita, joihin sisältyy esimerkiksi tavallisia releitä, turvareleitä ja mahdollisesti erilaisten väylätekniikoiden lisäämistä. Jokaisessa taajuusmuuttajassa perusrakenne pysyy siis samana, mutta niihin liitettävien moduulien määrä ja tyyppi vaihtelee.

##### **4.4.1 Myyntirakenne**

Myyntirakenteen tarkoitus on kuvailla tuote asiakkaalle. Asiakas ei välttämättä tai ei ollenkaan ole kiinnostunut tuotteen osarakenteesta, vaan ominaisuuksista, joita tuote tarjoaa. Kun tuotteen kompleksisuus kasvaa, sen ominaisuuksien käsittely helpottuu, jos sen ominaisuudet voidaan liittää tuotteen pääkomponentteihin. Suurikokoisissa tuotteissa tämä on tavallista. Niiden arkkitehtuuri kuvataan usein rakenteena, joka sisältää tärkeimmät komponentit. (Martio 2015, 142.)

Asiakkaan antamista parametreista pystytään tekemään automaattisesti kokoonpano tietämällä kytkettävien moottorien määrä, jännite ja teho, esimerkiksi kuusi moottoria, joiden jännite on 400 V ja 52 kW. Annettujen pääparametrien avulla, voidaan asiakkaalle esittää vaatimuksia vastaava kokoonpano pääkomponenteista.

## 4.5 Konfigurointimallien suunnittelu

Tuotantokonfigurointimalli määrittelee lopuksi, millaisia tuotteita yritys valmistaa. Tuote suunnitellaan yleensä kehitysprosessin yhteydessä myyntikonfigurointimallin kanssa. Mallilla kuitenkin on lähtökohtana tuoteperheen spesifikaatio. Spesifikaatiolla tarkoitetaan tuotteen yleistä kuvaa, miten tuote rakentuu ja mitä tuote vaatii ympärilleen. (Martio 2015, 203.)

Konfiguraatiomallin suunnittelu on osa tuotekonfiguroinnin prosessia. Sillä tarkoitetaan tuotteen mallirakennetta, joka toteuttaa tuotteen peruskokoonpanon. Tässä työssä luodaan yritykselle konfiguraatiomalli ABB:n ACS880 Multidrive -yksiköstä, jota yritys pystyy halutessaan laajentamaan useampaan eri tuotekonfiguraatioon laajentamalla konfiguraatiomallin pohjasuunnittelua.

### 4.5.1 Tuotantokonfigurointimalli

Tuotantokonfiguraattori tuottaa tuoteparametrien arvoja vastaavan tuoterakenteen dokumentteineen, joka siirretään komponentteineen sellaisenaan yrityksen materiaalien hallintaan ja valmistukseen. Konfiguraattori ottaa käyttöön konfigurointimallin, jolla kyseisen tuotteen erilaiset rakenteet ja muut tiedot generoidaan. Konfiguraattorissa on määritelty säännöt ja tavat tuotteen generointiin. Tuotteen lähtötiedot tulevat myynnistä saadun tilatun tuotteen parametreista, joista konfiguraattori tuottaa halutun rakenteen. (Martio 2015, 204.)

## 4.6 Cogineer

Cogineer-lisäosaa käytetään työssä konfiguraatorakenteen ja sen komponenttien luomiseen. Multidrive-tuoteperheen yksiköt toimivat työn tuotteena. Multidrive-yksiköille muodostetaan tuoterakenne soveltaen tuotekonfiguroinnin periaatteita.

## 5 COGINEER-SOVELLUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO

Tässä luvussa käydään läpi yleisesti Cogineerin ominaisuuksia, olemassa olevien projektien käyttöönoton vaiheita ja mitä tulee huomioida aloittaessa Cogineer-konfigurointiprojektia. Lisäksi käsitellään niitä ominaisuuksia, joita ABB:n Multidrive -yksiköistä konfiguroidaan.

### 5.1 Multidrive -yksiköistä

Tässä työssä sovittiin konfiguroitavaksi tietty tehoalue ABB:n ACS 880 Multidrive -tuoteperheestä. Työssä otetaan ilmajäähdytteiset mallit, joista taajuusmuuttajayksiköistä otetaan runkokoot R1i–R4i, joiden tehoalue on 1,5–55 kW. Kuvassa 3 esitetään, mitä runkokoolla tarkoitetaan.



Kuva 3. Multidrive-runkokoot (ABB industrial drives, [viitattu 2.4.2021]).

Kuvassa 3 runkokoolla viitataan tasasuuntaajan tai taajuusmuuttajan rungon fyysiseen kokoon. Esimerkiksi R4i 30 kW:n taajuusmuuttajan rungon kiinnitysreiät ovat samoilla etäisyyksillä toisistaan verrattuna R4i 55 kW:n taajuusmuuttajaan ja R4i 64 kW:n tasasuuntaajaan. Eli jos pitäisi vaihtaa R4i 30 kW:n taajuusmuuttaja R4i 55 kW:n taajuusmuuttajaa, ei tarvitse tehdä uusia kiinnitysreikiä kaappiin.

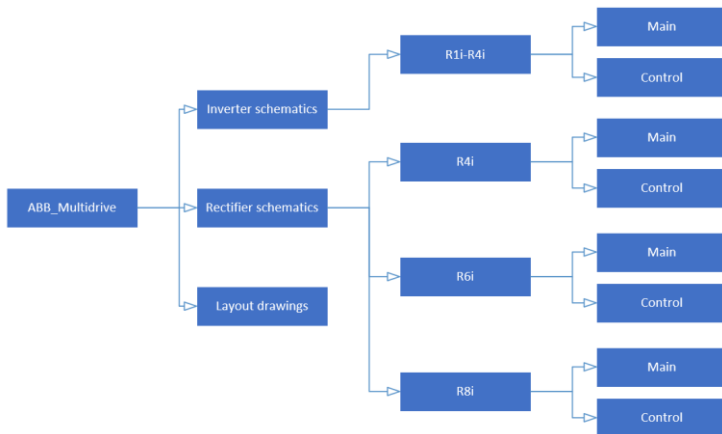
Taajuusmuuttajat sovitetaan kolmeen 400 mm leveään Rittalin VX-rivikaappiin. Yhteen kaappiin mahtuu 4 kpl R1i–R2i-, 2 kpl R3i–R4i- tai 1 kpl R3i–R4i- ja 2 kpl R1i–R2i-taajuusmuuttajaa. Näistä kertyvä maksimikokonaisteho on  $6 \times 55 \text{ kW} = 330 \text{ kW}$ . Seuraavaksi valittiin sopivat tasasuuntaaja kokoluokat. Tasasuuntaajat ovat IGBT-tasasuuntaajia ja runkokoot R4i, R6i ja R8i, joiden tehoalue on 64–395 kW. R4i sopii yhteen 400 mm leveään kaappiin. R6i sopii yhteen 600 mm leveään kaappiin ja R8i 600 mm leveään kaappiin, mutta siihen tulee lisänä 400 mm:n kaappi. Tähän 400 mm:n lisäkaappiin tulee yksikön syöttöön liittyvät komponentit, kuten syöttöliittimet, pääkytkin, lataus- ja kytkentäpiiri. Lisäkaappi tarvitaan, koska edellä mainitut komponentit eivät mahdu peruskaappiin. Tämä johtuu siitä, että taajuusmuuttajien yhteydessä käytettävät häiriönsuodattimet vievät suuren tilan.

## **5.2 Piirikaavioiden ja tasopiirustuksien soveltaminen**

Tässä osiossa käsitellään asioita, joita täytyy tehdä olemassa olevalle projektille, että se voidaan tuoda onnistuneesti Cogineer-konfiguraatioon. Jokaisessa osuudessa selvitetään asioita, joita tulee tehdä projektille, jotta konfiguroinnin luonti on helppoa ja mahdollisimman yksinkertaista.

### **5.2.1 Kansiorakenne**

Kansiorakenteen luominen ei ole pakollista, mutta se helpottaa paljon konfiguroinnin tekemistä myöhemmässä vaiheessa. Kansiorakenteen tarkoituksena on luoda haluttu sijainti, jonne konfiguroitavan piirikaavion tai jonkin muun piirustuksen makrokehykset tallennetaan. Kuvassa 4 on työssä käytetty kansiorakenne.

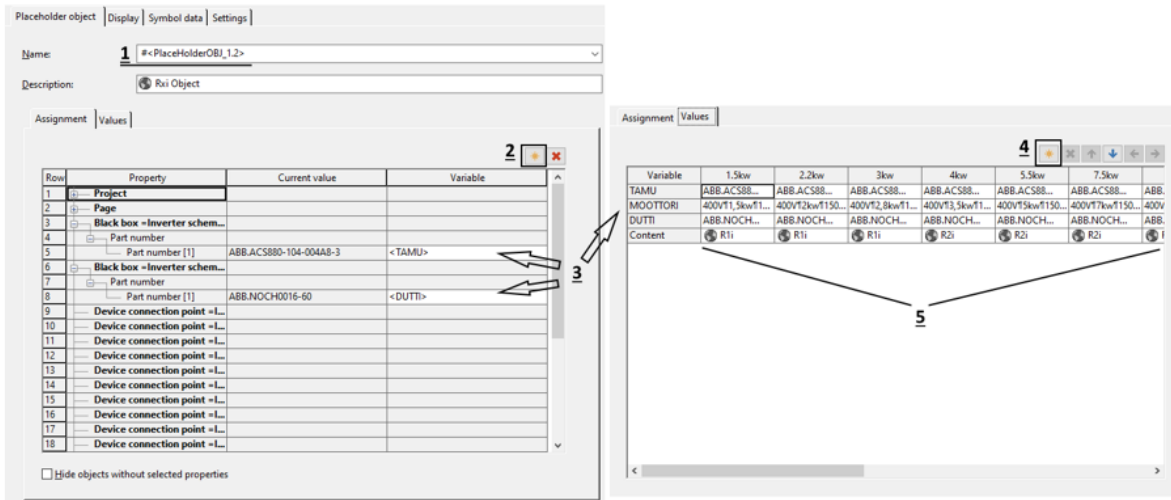


Kuva 4. Kansiorakenteen kuvaus.

Kuvassa 4 kansiorakenteen nimeäminen perustuu konfiguroitavan projektin rakenteen nimiin. Tämä myös helpottaa haluttujen makrojen löytämistä. Näiden makrokehyksien sijainti tulee näkyviin selkeänä kansiorakenteena makronavigaattoriin, josta on helppo löytää tiettyyn tuoteosuuteen kuuluva makro.

### 5.2.2 Placeholder-objektin käyttö

Placeholder-objektiin pystytään antamaan muuttujatietona komponenttien parametreja, kuten esimerkiksi komponentin osatiedot ja -nimet. Näille muuttujille annetaan arvoja, joiden mukaan määräytyy komponentille annettavan parametrin arvo. Kuvassa 5 esitetään Placeholder-objektiin määriteltäviä parametreja.



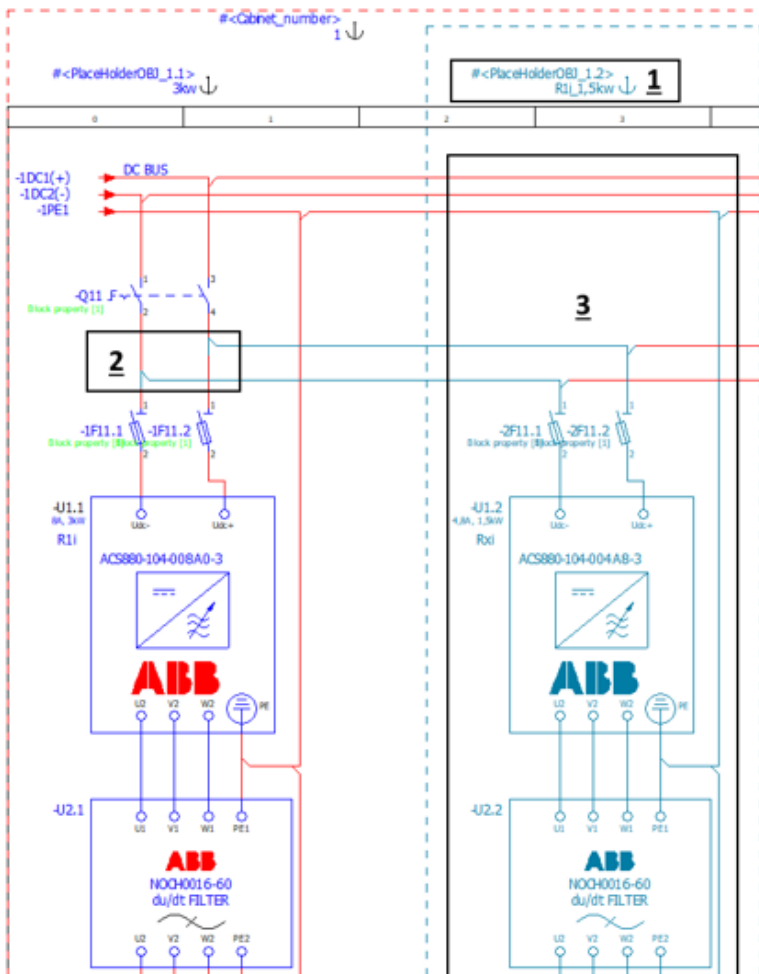
1. Placeholder-objektin nimi
2. Uuden parametrin lisääminen makrolle
3. Määritetyt muuttujat
4. Muuttujan valinta-arvon lisääminen
5. Muuttujien valinta-arvot

Kuva 5. Placeholder-objektin parametrit.

Yhtä muuttujaa pystytään käyttämään useassa komponentissa tai yksittäisen komponentin parametreissa. Jotta Placeholder-objektiin määritellyt arvot tulisivat Cogineer Designer -toimintoon, täytyy Placeholder nimetä kuten kuvassa 5, kohdassa 1 esitetään (esimerkki: #<NAME>).

### 5.2.3 Makrokehykset

Makrokehyksellä rajataan komponentit, jotka kuuluvat tiettyyn osakokonaisuuteen. Jos osakokonaisuuteen kuuluvia komponentteja on makrokehyksen ulkopuolella, täytyy ne lisätä manuaalisesti. Tämän jälkeen kaikki mahdolliset komponentit, joita halutaan lisätä osakokonaisuuteen, täytyy lisätä manuaalisesti. Komponentit, jotka siirretään makrokehyksen sisälle, eivät siis määrity automaattisesti enää kyseiseen osakokonaisuuteen. Kuvassa 6 näytetään komponentit, jotka kuuluvat kyseiselle makrokehykselle.



1. Placeholder-objekti
2. Makrokehyksen ulkopuoliset komponentit.
3. Muut makrokehyksen komponentit.

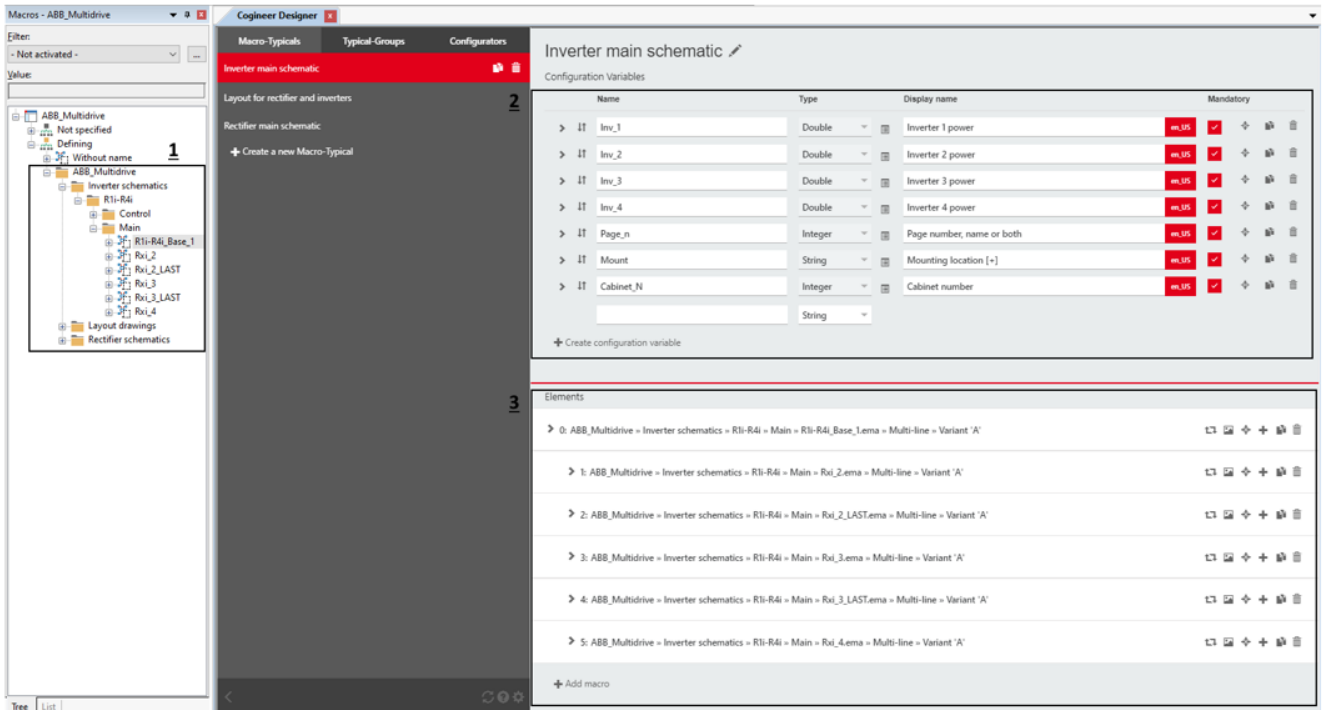
Kuva 6. Makrokehyksen komponentit.

Jotta makrot tulisivat myöhemmässä vaiheessa näkyviin oikealla tavalla navigaattoriin, täytyy makrot tallentaa omiin sijainteihinsa kansiorakenteessa ja nimetä sen mukaan, mihin osakokonaisuuteen se kuuluu.

### 5.3 Generoitavien kuvien konfigurointi

Jotta Cogineer-projekti voidaan aloittaa, täytyy konfiguroitavan projektin tyyppi muuttua makroprojektiksi. Tämä pystytään muuttamaan projektin asetuksista. Sähkökuvia konfiguroidaan Desinger-toiminnon Macro-Typical-osiolla. Osiossa nimetään Macro-Typical luotavan tuote-

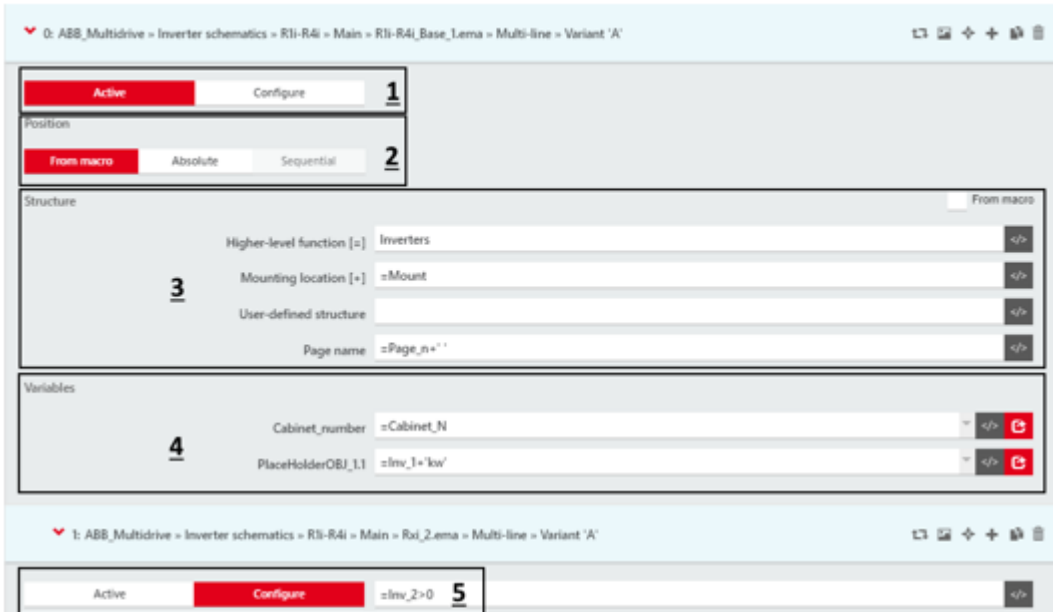
osuuden mukaan. Jotta konfigurointi voidaan aloittaa, täytyy avata makronavigaattori. Navigaattorissa näkyvät kaikki avoimet projektit ja niiden sisältämät makrot. Laajentamalla projektia navigaattorissa tulee näkyviin aiemmin määritelty kansiorakenne. Kuvassa 7 kohta 1 näyttää luodun kansiorakenteen. Jos makroja ei ole tallennettu oikeisiin kansioihin, kansioita ei välttämättä näy ja makrot ovat suoraan Without name -kohdan alapuolella aakkosjärjestyksessä.



1. Näkyvä kansiorakenne makronavigaattorissa.
2. Macro-Typical-osioon määritetyt muuttujat.
3. Macro-Typical-osioon navigaattorista tuodut makrot.

Kuva 7. Macro-Typical-muuttujat ja makronavigaattori.

Kuvasta 7 numerosta 1 valitaan tuoteosuuteen kuuluvat makrot navigaattorista ja lisätään ne tähän Macro-Typicaliin. Laajentamalla tuodut makrot nähdään niille annettavia parametreja, kuten valinta, paikka, sijaintirakenne ja sen sisältämien Placeholder-objektien sisältämät muuttujat ja arvot. Kuvassa 8 osoitetaan tuoduille makroille asetettavat parametrit.



1. Makron valintaehto.
2. Makron sijainnin määrittely.
3. Rakenneosoite kuvalle, minne makro luodaan.
4. Placeholder-objektin arvojen valinta.
5. Toisen makron valintaehto.

Kuva 8. Makroille määriteltävät parametrit.

Kuvassa 8 parametrin kohta yksi tarkoittaa, valitaanko makro konfigurointiin ilman erillisiä ehtoja vai luodaanko sen valinnalle ehdot. Esimerkiksi ehtona voisi olla pääjännitteen tai kokonaistehon suuruus, jos tämä makro olisi riippuvainen näistä arvoista. Parametrin kohdassa kaksi on lisättävän makron sijainti tulevassa piirikaaviossa. Sijainti voi olla makron oma sijainti makro- projektissa tai sille voidaan määrittellä oma sijainti kuvassa. Kohdassa kolme on määriteltävän kuvan rakenne, eli mihin piirikaavioon makro sijoitetaan. Jos piirikaaviota ei ole, Co-gineer luo kyseisen piirikaavion. Kohta neljä on makron sisältämien Placeholder-objektien muuttuja-arvot. Näille voidaan antaa suoraan haluttu arvo tai antaa arvo funktion avulla, joka voisi olla riippuvainen Macro-Typical-osioon määritetyistä muuttujista. Parametrin kohta viisi

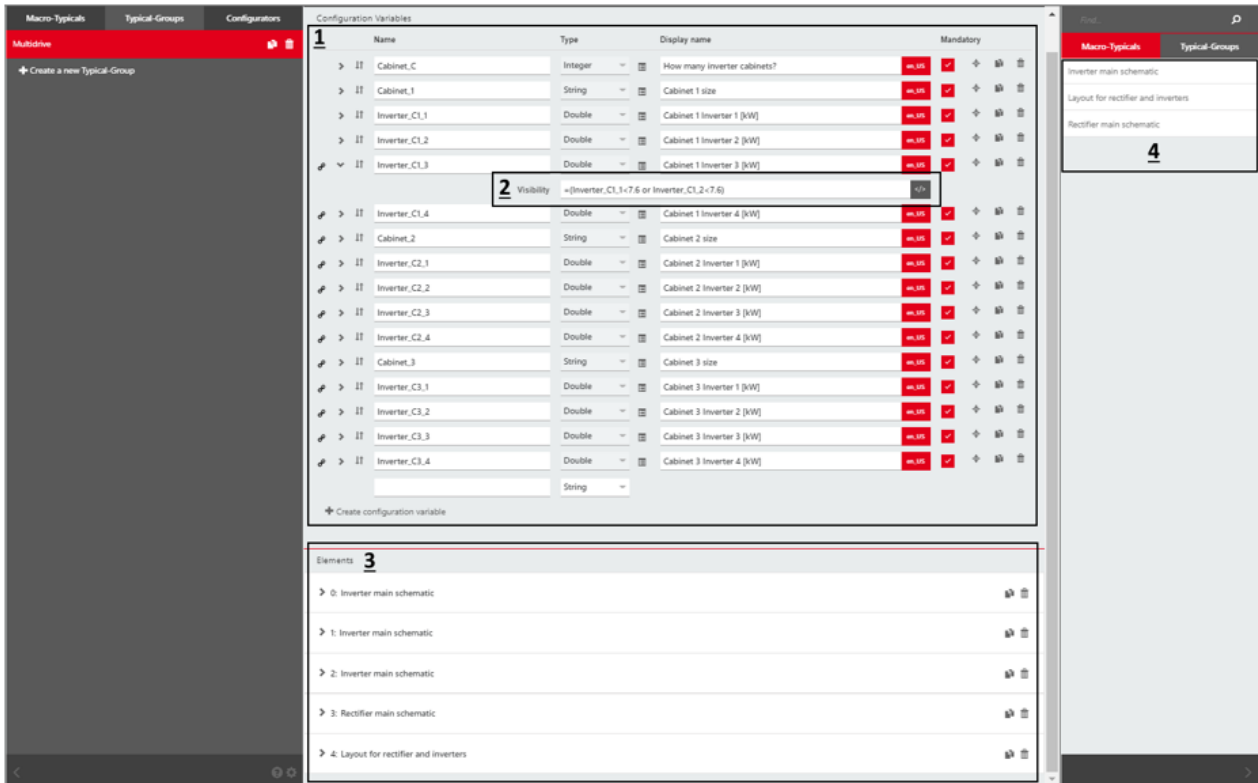
on sama kuin kohta yksi, mutta toisen makron valintaehto. Tässä on annettu valintaehdoksi, että jos toisen taajuusmuuttajan teho on suurempi kuin 0, tämä makro otetaan mukaan.

Muuttujien lisäämisessä kannattaa miettiä, miten kyseinen tuoteosuus tulee rakentumaan. Kuvassa 7 on käytetty tasasuuntaajien pääpiirikaavion makroja ja luodut muuttujat perustuvat makrojen valintaehtoon tai muihin niiden tarvitsemiin parametreihin. Muuttujiin voidaan määrittellä listoja arvoista, joita kyseiset muuttujat voivat saada arvokseen. Tällöin näihin ei voi määrittellä muita muuttujan arvoja kuin niitä, joita on listattu.

Kuvassa 7 luodut muuttujat ovat jokaisen lisättävän taajuusmuuttajan teho, luotavan sähkökuvan nimi, kuvan sijainti (mounting location [+]) ja luku, monesko sähkökaappi on kyseessä. Jatkossa tätä Macro-Typical-elementtiä voidaan vain monistaa, riippuen montako sähkökaappia halutaan.

#### **5.4 Käyttöliittymän konfigurointi**

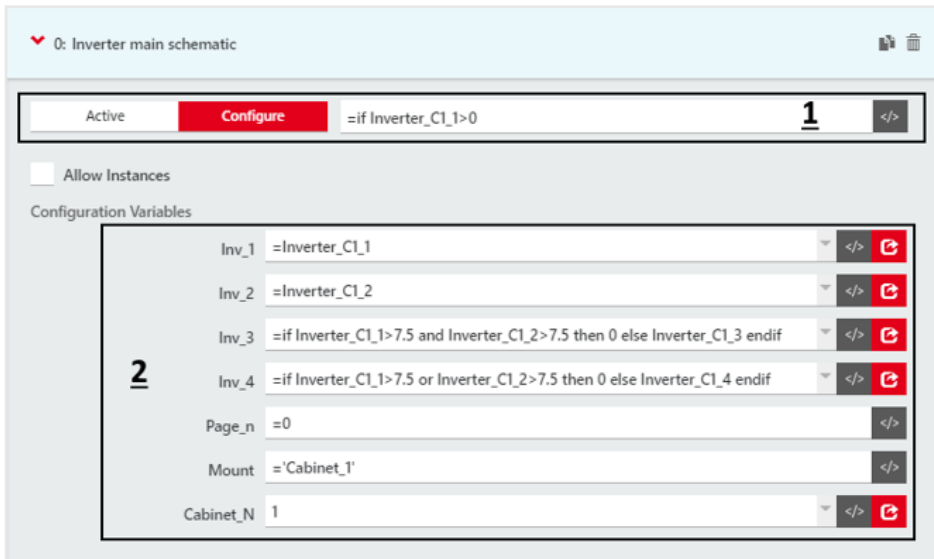
Seuraavaksi esitetään, miten saadaan luotua mahdollisimman helppokäyttöinen ja helposti konfiguroitava käyttöliittymä. Käytettävä käyttöliittymä konfiguroidaan Typical-Group-osiolla. Kuvan 9 kohdassa 4 löytyvät käyttöliittymään liitettävät Macro-Typical-elementit. Halutut makrot siirretään käyttöliittymään raahaa ja pudota -menetelmällä Elements-osioon ja tämän jälkeen niitä voidaan kopioida tarvittava määrä konfiguraatioon.



1. Typical-Group-ryhmään luodut muuttujat, joille käyttäjä antaa arvot Builder-toiminnossa.
2. Muuttujan näkyvyyden määrittely.
3. Lisätyt Macro-Typical-elementit.
4. Lisättävänä olevat Macro variable-Typical-elementit.

Kuva 9. Typical-Group-ikkuna.

Konfiguraatioon täytyy määritellä käyttöliittymän muuttujat, jotka tulevat määrittelemään rakennettavan konfiguraation lopputuloksen. Parametreille, kuten taajuusmuuttajien tehoille, täytyy luoda listat niiden valinta-arvoista, joten nämä listat luodaan muuttujiin. Kuvassa 9 kohdassa yksi esitetään tähän konfiguraatioon luodut muuttujat. Kohta kaksi antaa esimerkin, miten muuttujien näkyvyyttä voidaan määritellä. Kohdassa kolme on luodut Macro-Typicalit, joista taajuusmuuttajan pääpiirikaavion generointi on kopioitu kolmesti. Kuvassa 10 osoitetaan parametrit, jotka kyseinen Macro-Typical haluaa.



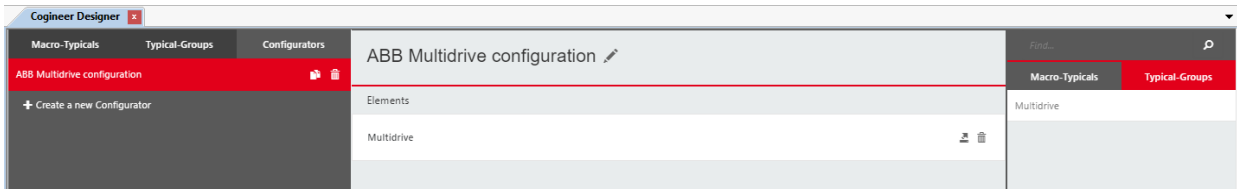
1. Macro-Typical-elementin valintaehto.
2. Macro-Typical-elementin muuttujat.

Kuva 10. Typical-Group-osiossa annettavat parametrit Macro-Typical-elementille.

Kuvassa 10 näytetään parametreja, miten Macro-Typical-elementtejä voidaan parametroida. Kohta yksi on kyseisen Macro-Typical-elementin valintaehto ja kohta kaksi sisältää kyseisen Macro-Typical-elementin muuttujat. Macro-Typical-elementin muuttujille annetaan arvot perustuen parametreihin, joita konfiguraattori antaa. Oletuksena annetaan suoraan Inv\_1 muuttujalle Inverter\_C1\_1 muuttujan arvo ja Inv\_2 muuttujalle Inverter\_C1\_2 muuttujan arvo, koska yhdessä kaapissa on vähintään kaksi taajuusmuuttajaa. Kun taas Inv\_3 ja Inv\_4 muuttujat ovat riippuvaisia Inverter\_C1\_1:n ja Inverter\_C1\_2 muuttujien saamista arvoista. Luvussa 5.1 kerrottiin tarkemmin riippuvuussäännöistä. Jos jollekin Inv\_X-muuttujalle annetaan arvo 0, tällöin kyseistä taajuusmuuttajaa ei generoida.

## 5.5 Konfiguraattorien luonti

Configurators-osiolla luodaan yhteys projektin ja Typical-Group-osion välillä, jolloin käyttöliittymä tulee Builder-toiminnon käyttöön. Configurators-osioon voidaan luoda useita käyttöliittymiä eri tuoteosuksille, joilla pystytään laajemmin rajaamaan projektin alueet toisistaan, kuten pää- ja ohjauspiirikaavion konfiguraatiot. Configurators-osioon voidaan liittää myös suoraa Macro-Typical-osioita, mutta tämä on suositeltavaa vain silloin, jos konfiguroitava tuote on pieni tai halutaan testata tuoteosuksien rakentumista.

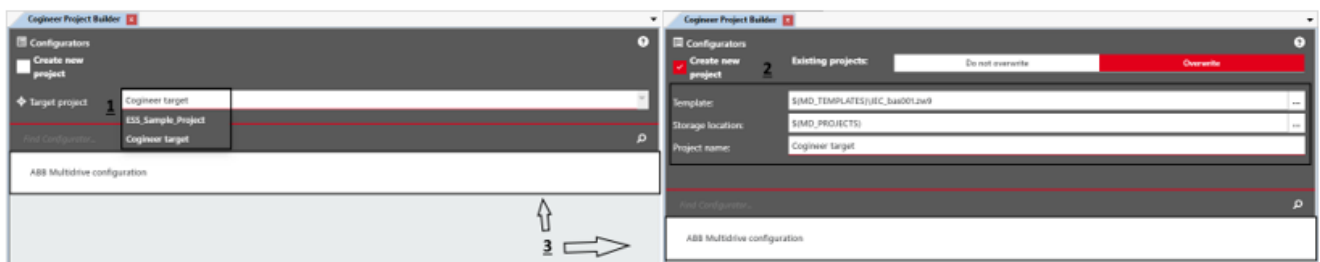


Kuva 11. Configurators-osion ikkuna

Kuvassa 11 näytetään Cogineerin konfiguraattori. Konfiguraattoriin tuodaan haluttu Typical-Group raahaa ja pudota -menetelmällä Elements-osioon. Kaikki Elements-osiossa olevat elementit tulevat Builder-toiminnon käyttöön, jolloin käyttäjä pystyy luomaan tuoterakenteita.

## 5.6 Konfiguroinnin käyttö Builder-toiminnolla

Builder-toiminnossa generoidaan haluttu tuote ja sen sähkökuvat. Ensimmäisenä täytyy joko luoda uusi projekti tai valita kohdeprojekti, jonne tuote tullaan generoimaan. Kuvassa 12 esitetään molemmat tavat luoda konfiguraatio.



1. Kohdeprojektin valinta.
2. Uuden projektin luonti.
3. Konfiguraattorin valinta.

Kuva 12. Builder-toiminnon aloitusikkuna.

Kuvassa 12 kohta yksi osoittaa kohdeprojektin valinnan, mihin olemassa olevaan projektiin halutaan generoida konfiguraatio. Kohdassa kaksi on esimerkki, miten voidaan luoda samaan aikaan uusi projekti, kun generoidaan uutta konfiguraatiota. Kohta kolme osoittaa saatavilla

olevan konfiguraattorin. Seuraavaksi valitaan konfiguraattori ja sen jälkeen tuotekokonaisuus. Kuvassa 13 on käyttöliittymä, jossa voidaan antaa parametrejä konfiguroitavalle tuotteelle.

The screenshot shows the 'Cogineer Project Builder' interface for 'ABB Multidrive configuration'. The main area contains a list of parameters for three inverter cabinets. The parameters are as follows:

Parameter	Value
How many inverter cabinets?*	3
Cabinet 1 size*	400mm
Cabinet 1 Inverter 1 [kW]*	55
Cabinet 1 Inverter 2 [kW]*	55
Cabinet 2 size*	400mm
Cabinet 2 Inverter 1 [kW]*	45
Cabinet 2 Inverter 2 [kW]*	7.5
Cabinet 2 Inverter 3 [kW]*	7.5
Cabinet 3 size*	400mm
Cabinet 3 Inverter 1 [kW]*	7.5
Cabinet 3 Inverter 2 [kW]*	7.5
Cabinet 3 Inverter 3 [kW]*	3
Cabinet 3 Inverter 4 [kW]*	3

Fields marked with an asterisk (\*) must be filled out.

At the bottom left, there is a red 'Generate' button. At the bottom right, it says 'Ladder logic: off' and 'Measurement unit: mm'.

1. Parametrien tallennus ja tuonti.
2. Valittavat parametrit.
3. Halutun konfiguraation generointi.

Kuva 13. Builder-toiminnossa annettavat parametrit tuotteelle.

Kuvassa 13 kohdassa yksi osoitetaan, että Builder-toiminnossa on mahdollista tallentaa juuri tehty konfiguraatio ja sen parametrit .XML-tiedostoon ja myöhemmin myös tuomaan samat parametrit takaisin Builder-toimintoon. Tämä tiedosto pystytään myös luomaan kolmannen osapuolen ohjelmalla, jos tiedoston rakenne saadaan pidettyä samanlaisena, kuin Builder-toiminnon käyttöliittymä. Builder-toiminto käyttää kuvassa annettuja parametreja laskeakseen taajuusmuuttajien valitun kokonaistehon, jolloin se päättää, minkä tasasuuntaajan se valitsee rakenteeseen. Kun on valittu halutut parametrit, painetaan kohdassa kolme olevaa Generate-nappia, jolloin Builder-toiminto luo käyttäjän osoittamaan projektiin näillä parametreilla tuotekonfiguraation.

## 6 TULOKSET

Työn tavoitteena oli tutkia ja vertailla, mitkä lisäosat tarjoavat parhaimmat mahdollisuudet toteuttaa automatisoitua tuotekonfigurointia Eplan-sähkösuunnitteluohjelmistolla ja luoda esimerkkiprojekti yrityksen käyttöön, mistä yritys pystyy jatkamaan kehitystyötä.

### 6.1 Vertailun tulokset

Vertailtavat lisäosat olivat API Extension, EEC one, eBUILD ja Cogineer. Kustakin lisäosasta löytyi potentiaalia työn toteuttamiseksi, mutta yhdestä löytyi parhaimmat ominaisuudet, se oli eBUILD.

API Extension -lisäosa tarjosi mahdollisuuden luoda sellaisia sovelluksia, kuin yritys haluaa, eli se ei rajoittuisi yksistään tähän työhön, vaan myös muunlaisten sovellusten kehittämiseen. ECC one tarjosi ratkaisun Excel-pohjaisella lisäosalla, jossa pystyttäisiin käyttämään hyväksi Microsoftin VBA-ohjelmointiympäristöä. Muuten kaikki konfigurointi tapahtuu Excelin lisäosaan tarkoitettulla pohjalla. Cogineer taas tarjoaa oman yksinkertaisen projektikohtaisen tavan luoda uusia konfiguraatioita tuotteesta. Konfiguraation rakenne perustuu makrokehyksiin ja Placeholder-objekteihin ja makrojen kansiorakenteeseen. eBUILD tarjoaa pilvipohjaisen ratkaisun, missä käyttöliittymä on melko samanlainen Cogineerin kanssa. Kaikki projektit tehdään ePULSE-alustalle. Näihin projekteihin on useammalla käyttäjällä mahdollisuus tehdä muokkauksia. Muokkauksia voidaan tehdä rakennettuun konfiguraatioon ja luoda tuoterakenteita rakennetusta konfiguraatioista. Työhön otettiin käyttöön Cogineer, koska opiskelijaversio mukana oli Cogineer-perusversio. Myöhemmin saatiin käyttöön Cogineer Advanced -versio testaukseen. Sillä toteutettiin lopputyö. Näiden kahden lisäosan käyttöerot eivät ole suuria, työn pystyy myös toteuttamaan eBUILD-lisäosalla. Joillakin asioilla on erilainen toteutustapa, mutta tuoterakenne pysyy samanlaisena.

## 6.2 Konfiguraation luonti

Rakentaessa tuoteosuuksia ja tuoterakennetta ilmeni monia huomioita siitä, mihin Cogineerillä pystyy. Isojen tuotekokonaisuuksien tekeminen Cogineerillä voi osoittautua haasteeksi, koska tuotekohtaisen tiedon käsittely tapahtuu IF-ELSE-periaatteella.

### 6.2.1 Konfiguraattorin versio 1

Tässä versiossa käyttöliittymä rakennettiin kaikista loogisimmalla tavalla eli haluttiin tietää syötettävä jännite ja moottoreiden määrä. Käyttöliittymään avautuu niin monta moottoria määriteltäväksi, kuin asiakas haluaa. Maksimimäärä moottoreille täytyy määrittää. Kuvassa 14 on visuaalinen ulkoasu käyttöliittymälle.

Parameter	Value
Motor count*	8
Motor 1 power [kw]*	11
Motor 2 power [kw]*	11
Motor 3 power [kw]*	2.2
Motor 4 power [kw]*	3
Motor 5 power [kw]*	1.5
Motor 6 power [kw]*	1.5
Motor 7 power [kw]*	1.5
Motor 8 power [kw]*	1.5

Fields marked with an asterisk (\*) must be filled out.

Generate Ladder logic: off Measurement unit: mm

Kuva 14. Konfiguraattorin versio 1.

Tässä syntyi erityisesti ongelmia, kun piti lähteä laatimaan Cogineeriin generointavaa rakennetta. Tämän kaltaiseen konfiguraatio layout-ansaan tullaan automaattisesti, jos ajattelee asiaa ohjelmoitavalta kannalta. Cogineer on yksinkertainen ja monimutkainen samaan aikaan, joten tämä ratkaisu ei ollut hyvä tuotteen konfiguroijan kannalta. Jos tällä käyttöliittymällä jatketaan, niin käytettävien konfigurointilauseiden monimutkaisuus kasvaisi huomattavasti. Tämä konsepti saattaisi toimia, jos jokaiselle taajuusmuuttajalle olisi oma erillinen kuva ja kaappi. Tässä työssä yhteen kaappiin voidaan sijoittaa useampi kuin yksi taajuusmuuttaja, joten tämä konfiguraattori-ratkaisu ei ollut hyvä tuotteen rakentajan kannalta.

### **6.2.2 Konfiguraattorin versio 2**

Seuraavassa versiossa yritettiin helpottaa loogisten lauseiden tekoa. Käyttöliittymää lähestyttiin toisenlaisella tavalla, eli muutettiin haluttujen moottorien lukumäärä kaappien lukumääräksi. Tällä tavalla ei tarvitse rakentaa monimutkaisia lauseita, koska muuten lauseissa pitäisi ottaa huomioon moottorien lukumäärän mukaan myös jokaisen moottorin teho. Kuvassa 15 on visuaalinen ulkoasu käyttöliittymästä.

Cogineer Project Builder

User interface V2

Cogineer target > ABB Multidrive configuration

Export Import

How many cabinets?\* 2

**1**

Cabinet 1 insides*	11kw-55kw[MAX 2]
Cabinet 1 Inverter 1*	11
Cabinet 1 Inverter 2*	11

**2**

Cabinet 2 insides*	1.5kw-7.5kw[MAX 4]
Cabinet 2 Inverter 1*	1.5
Cabinet 2 Inverter 2*	1.5
Cabinet 2 Inverter 3*	1.5
Cabinet 2 Inverter 4*	1.5

Fields marked with an asterisk (\*) must be filled out.

Generate

Ladder logic: off Measurement unit: mm

1. Ensimmäisen kaapin konfiguraatio.
2. Toisen kaapin konfiguraatio.

Kuva 15. Konfiguraattorin versio 2.

Kuvassa 15 esitetty käyttöliittymä ei kuitenkaan tukenut työlle asetettua vaatimusta, koska jos valittaisiin kaksi taajuusmuuttajaa, kolmatta ei tulisi kyseiseen kaappiin, vaan se pitäisi liittää käsin kuviin.

### 6.2.3 Konfiguraattorin versio 2.1

Tämä versio on paranneltu versio edelliseen verrattuna, koska edellinen versio ei ota huomioon sitä, että yhteen 400 mm leveään kaappiin mahtuu yksi 11–55 kW:n ja kaksi pienempää 1,5–7,5 kW:n taajuusmuuttajaa.

Cogineer Project Builder

User interface V2.1

Cogineer target > ABB Multidrive configuration

Export Import

How many inverter cabinets?\* 3

<b>1</b>	Cabinet 1 size*	400mm
	Cabinet 1 Inverter 1*	55
	Cabinet 1 Inverter 2*	55
<b>2</b>	Cabinet 2 size*	400mm
	Cabinet 2 Inverter 1*	45
	Cabinet 2 Inverter 2*	7.5
	Cabinet 2 Inverter 3*	7.5
<b>3</b>	Cabinet 3 size*	400mm
	Cabinet 3 Inverter 1*	7.5
	Cabinet 3 Inverter 2*	7.5
	Cabinet 3 Inverter 3*	3
	Cabinet 3 Inverter 4*	3

Fields marked with an asterisk (\*) must be filled out.

Generate

Ladder logic: off Measurement unit: mm

1. Ensimmäisen kaapin konfiguraatio.
2. Toisen kaapin konfiguraatio.
3. Kolmannen kaapin konfiguraatio.

Kuva 16. Konfiguraattorin versio 2.1.

Kuvassa 16 näytetty käyttöliittymä skaalaa taajuusmuuttajien määrän valitun kaappimäärän ja valittavien taajuusmuuttajien tehon mukaan. Käyttöliittymä on asetetun vaatimusten rajoissa ja vaikuttaa sopivalta tähän työhön.

#### 6.2.4 IF-ELSE-rakenne

Joissakin tapauksissa yksinkertainenkin asia, kuten esimerkiksi kokonaistehon laskeminen, voi olla monimutkaista. Ohjelmassa on mahdollisuus piilottaa tarpeettomia tuoteparametreja, mutta se ei ota parametreja pois käytöstä, eli piilotettujen muuttujien arvot jäävät edelliseen

tilaansa. Tämän vuoksi täytyy myös huomioida syy, miksi jokin parametri on mahdollisesti piilotettu. Kuvassa 17 näytetään, miten IF-ELSE-lauseilla on määritetty taajuusmuuttajien kokonaisteho.

```

1  =(
2  (Inverter_C1_1)+
3  (Inverter_C1_2)+
4  (if Inverter_C1_1>7.5 and Inverter_C1_2>7.5 then 0 else Inverter_C1_3 endif)+
5  (if Inverter_C1_1>7.5 or Inverter_C1_2>7.5 then 0 else Inverter_C1_4 endif)+
6  (if Cabinet_C>1 then Inverter_C2_1 else 0 endif)+
7  (if Cabinet_C>1 then Inverter_C2_2 else 0 endif)+
8  (if Inverter_C2_1>7.5 and Inverter_C2_2>7.5 or Cabinet_C<2 then 0 else Inverter_C2_3 endif)+
9  (if Inverter_C2_1>7.5 or Inverter_C2_2>7.5 or Cabinet_C<2 then 0 else Inverter_C2_4 endif)+
10 (if Cabinet_C>2 then Inverter_C3_1 else 0 endif)+
11 (if Cabinet_C>2 then Inverter_C3_2 else 0 endif)+
12 (if Inverter_C3_1>7.5 and Inverter_C3_2>7.5 or Cabinet_C<3 then 0 else Inverter_C3_3 endif)+
13 (if Inverter_C3_1>7.5 or Inverter_C3_2>7.5 or Cabinet_C<3 then 0 else Inverter_C3_4 endif))

```

Kuva 17. Kokonaistehon laskentalause.

Kuva 17 osoittaa, että konfiguroinnin rakentamista kannattaa suunnitella helppokäyttöisyys edellä. IF-ELSE-rakenne on helppo ymmärtää. Tästä syystä Cografinerissä ei ole lisätty mahdollisuutta käyttää esimerkiksi WHILE tai FOR-silmukoita. Cografinerin on tarkoitus olla helppokäyttöinen, joten sen käyttäjällä ei tarvitse olla koulutusta tai kokemusta ohjelmoinnista.

Jos työtä olisi toteutettu kuvan 14 osoittamalla konfiguraattorilla, jokaisen Macro-Typical-elementin taajuusmuuttajan määrittelyssä toteutuisi todella pitkiä IF-ELSE-lauseita. Esimerkiksi jatkossa taajuusmuuttajakaappien määrään tai leveyteen voi tulla lisäyksiä. Jos kaappimäärää nostettaisiin vaikka kuuteen, ja samaan aikaan annettaisiin mahdollisuus käyttää 600 mm leveää kaappia, tällöin käsiteltävien lauseiden pituudet olisivat 2–5 kertaa pidempiä.

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia ja vertailla tapoja toteuttaa tuotekonfigurointia Eplan Electric P8 - sähkösuunnitteluohjelmistolla. Ensimmäisenä työn osuutena tutkittiin, mitkä lisäosat tarjoavat konfigurointimahdollisuuksia ja miten niillä pystytään se toteuttamaan. Lisäosat, jotka valittiin vertailtavaksi, olivat API Extension, EEC one, eBUILD ja Cogineer. Nämä lisäosat tarjoavat parhaimmat mahdollisuudet toteuttaa työssä haluttua lopputulosta.

Työ eteni ensin valitsemalla paras mahdollinen lisäosa. Paras näistä lisäosista osoittautui olemaan eBUILD. Sitä ei tarvinnut asentaa, koska se on pilvipohjainen ratkaisu. Siinä on usean käyttäjän käyttöoikeus samoihin projekteihin. Tämä antaa myynnille mahdollisuuden käyttää suunnittelijoiden luomia konfigurointimalleja ja luoda halutun konfiguraation paikan päällä internet selaimella. Valitettavasti työtä varten eBUILD-lisäosaan ei ollut saatavilla lainalisenssejä, joten seuraava vaihtoehto oli Cogineer. Siinä oli samanlainen toteutustapa kuin eBUILD-lisäosassa, mutta siitä puuttuu pilvipalvelut ja usean käyttäjän yhteys projekteihin. Tämän työn pystyy toteuttamaan myös eBUILD-lisäosalla, vaikka tämä työ ei varsinaisesti käsittele sitä.

Tämän jälkeen sovellettiin ABB:n tekemiä versioita sähkökuvista ja rakennettiin yritykselle oma versio näistä. Näihin sähkökuviin käytettiin Cogineer-alustaa ja toiminnallisuutta. Ensin luotiin kuvista tarvittavat makrot, joita käytettäisiin myöhemmässä vaiheessa, kun luodaan Cogineer-käyttöliittymää Typical-Group-osiolla.

Lopputulokseksi saatiin valmis tuotekonfiguraatiomallipohja yritykselle. Kyseinen pohja toimii esimerkkinä, miten tuotekonfigurointia pystytään automatisoida Eplan-sähkösuunnitteluohjelmistolla.

## LÄHTEET

- ABB industrial drives. Ei päiväystä. [PDF-dokumentti]. ABB. [Viitattu 2.4.2021]. Saatavana: [https://library.e.abb.com/public/b6277cc349df42eeb6e5a91816c42c75/ACS880\\_multidrive\\_modules\\_flyer\\_3AUA0000094889\\_REV\\_J\\_EN.pdf](https://library.e.abb.com/public/b6277cc349df42eeb6e5a91816c42c75/ACS880_multidrive_modules_flyer_3AUA0000094889_REV_J_EN.pdf)
- Art of Automation. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. ARNON. [Viitattu 4.4.2021]. Saatavana: <https://arnon.fi/fi/>
- Creating Macros. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 4.4.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN\\_Help.htm#htm/macrosgui\\_h\\_makroserzeugen.htm](https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN_Help.htm#htm/macrosgui_h_makroserzeugen.htm)
- EPLAN .Net API. 23.3.2018. [Verkkojulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 2.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan.help/help/platformapi/2.7/en-us/help/EplanApiDotNet.html>
- EPLAN eBUILD. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 2.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan-software.com/solutions/eplan-epulse/eplan-ebuild/>
- EPLAN Electric P8. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan.fi/ratkaisut/eplan-platform/eplan-electric-p8/>
- EPLAN Engineering Configuration. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 2.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan-software.com/solutions/eplan-platform/eplan-engineering-configuration/>
- Macro Navigator. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 12.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN\\_Help.htm#htm/macrosgui\\_k\\_makronavigator.htm](https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN_Help.htm#htm/macrosgui_k_makronavigator.htm)
- Macros. Ei päiväystä. [Verkkojulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 12.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN\\_Help.htm#htm/macrosgui\\_k\\_start.htm%3FToc-Path%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CBasics%7C\\_\\_\\_\\_\\_1](https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN_Help.htm#htm/macrosgui_k_start.htm%3FToc-Path%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CBasics%7C_____1)
- Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. 1. painos. Espoo: Amartekno Oy.

Mäkinen, M. J. J. & Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava.

Placeholder objects: Structure and Operation. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 12.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN\\_Help.htm#htm/macrosgui\\_k\\_platzhalteraufbauarbeitsweise.htm%3FTocPath%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CBasics%7C\\_\\_\\_\\_\\_4](https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN_Help.htm#htm/macrosgui_k_platzhalteraufbauarbeitsweise.htm%3FTocPath%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CBasics%7C_____4)

Tampereen keskustekniikka on nyt Arnon. 1.3.2017. [Verkkosivu]. STT Info. [Viitattu 4.4.2021]. Saatavana: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/tampereen-keskustekniikka-on-nyt-arnon?publisherId=57423625&releaseId=57424439>

The Cogineer. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 11.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer\\_help.htm#htm/cogineer\\_intro.htm](https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer_help.htm#htm/cogineer_intro.htm)

The Designer: Basics. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 11.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer\\_help.htm#htm/cogineer\\_d\\_basics.htm%3FTocPath%3DCogineer%7CDesigner%7C\\_\\_\\_\\_\\_1](https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer_help.htm#htm/cogineer_d_basics.htm%3FTocPath%3DCogineer%7CDesigner%7C_____1)

The Project Builder: Basics. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 11.3.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer\\_help.htm#htm/cogineer\\_pb\\_basics.htm%3FTocPath%3DCogineer%7CProject%2520Builder%7C\\_\\_\\_\\_\\_1](https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer_help.htm#htm/cogineer_pb_basics.htm%3FTocPath%3DCogineer%7CProject%2520Builder%7C_____1)

Using Macro Boxes. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 4.4.2021]. Saatavana: [https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN\\_Help.htm#htm/macrosgui\\_h\\_makrokasten.htm%3FTocPath%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CProceed%2520as%2520Follows%7C\\_\\_\\_\\_\\_2](https://www.eplan.help/help/platform/2.7/en-us/help/EPLAN_Help.htm#htm/macrosgui_h_makrokasten.htm%3FTocPath%3DEPLAN%2520Help%7CWorking%2520with%2520Macros%7CMacros%7CProceed%2520as%2520Follows%7C_____2)

What are the capabilities of the EPLAN API?. 15.12.2018. [Verkkajulkaisu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 2.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan.help/en-US/infoportal/content/api/2.8/index.html>

Yritysprofili. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. EPLAN Software and Service GmbH and Co. KG. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: <https://www.eplan.fi/yritys/kuvaus/tietoa-meistae/>

## LIITTEET

Liite 1. Taajuusmuuttaja konfiguraation pääpiirikuva.

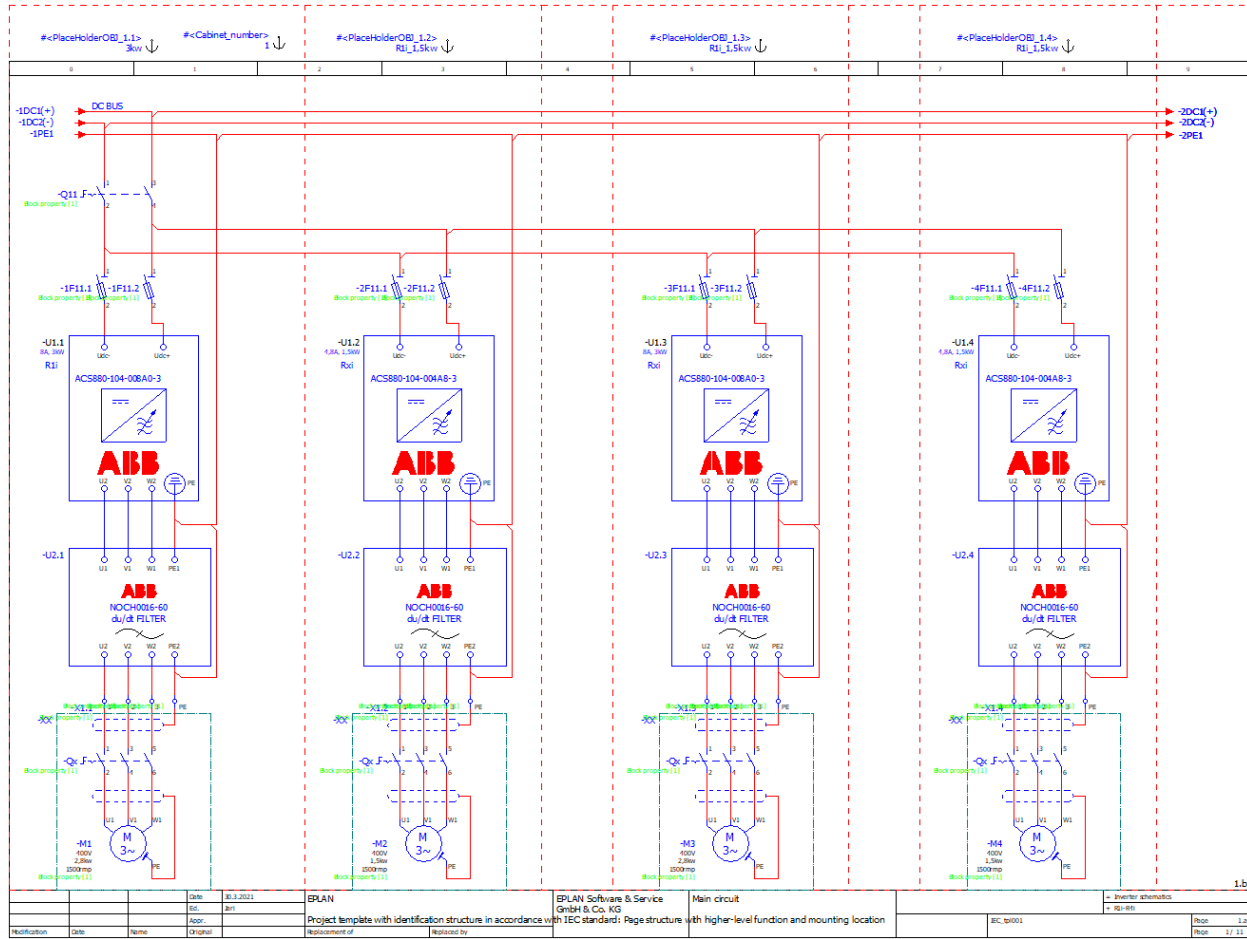
Liite 2. Tasasuuntaajan R4i:n pääpiirikaavio.

Liite 3. Tasasuuntaajan R6i:n pääpiirikaaviot.

Liite 4. Tasasuuntaajan R8i:n pääpiirikaaviot

Liite 5. Kaappien tasopiirustukset.

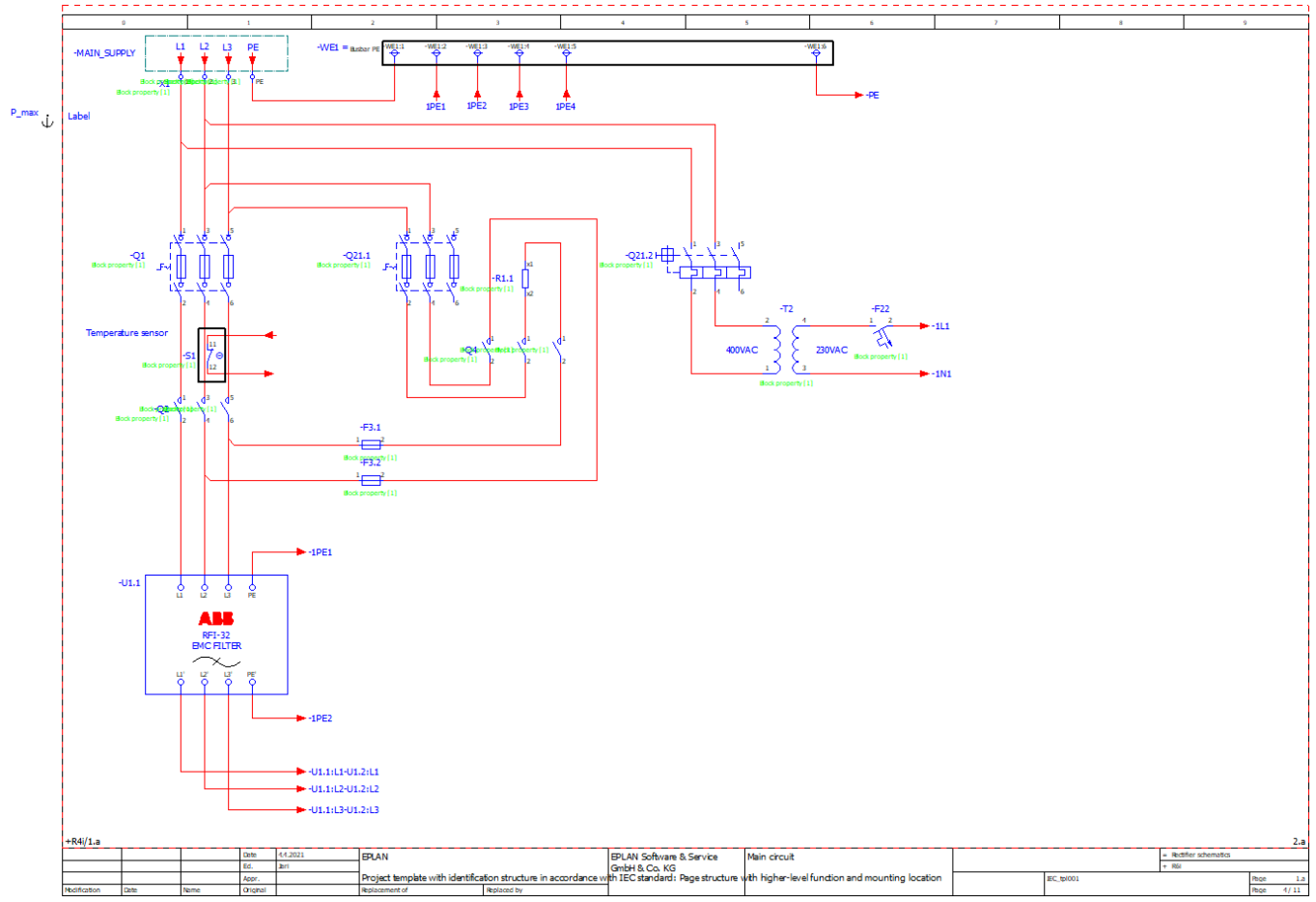
Liite 1. Taajuusmuuttaja konfiguraation pääpiirikuva.





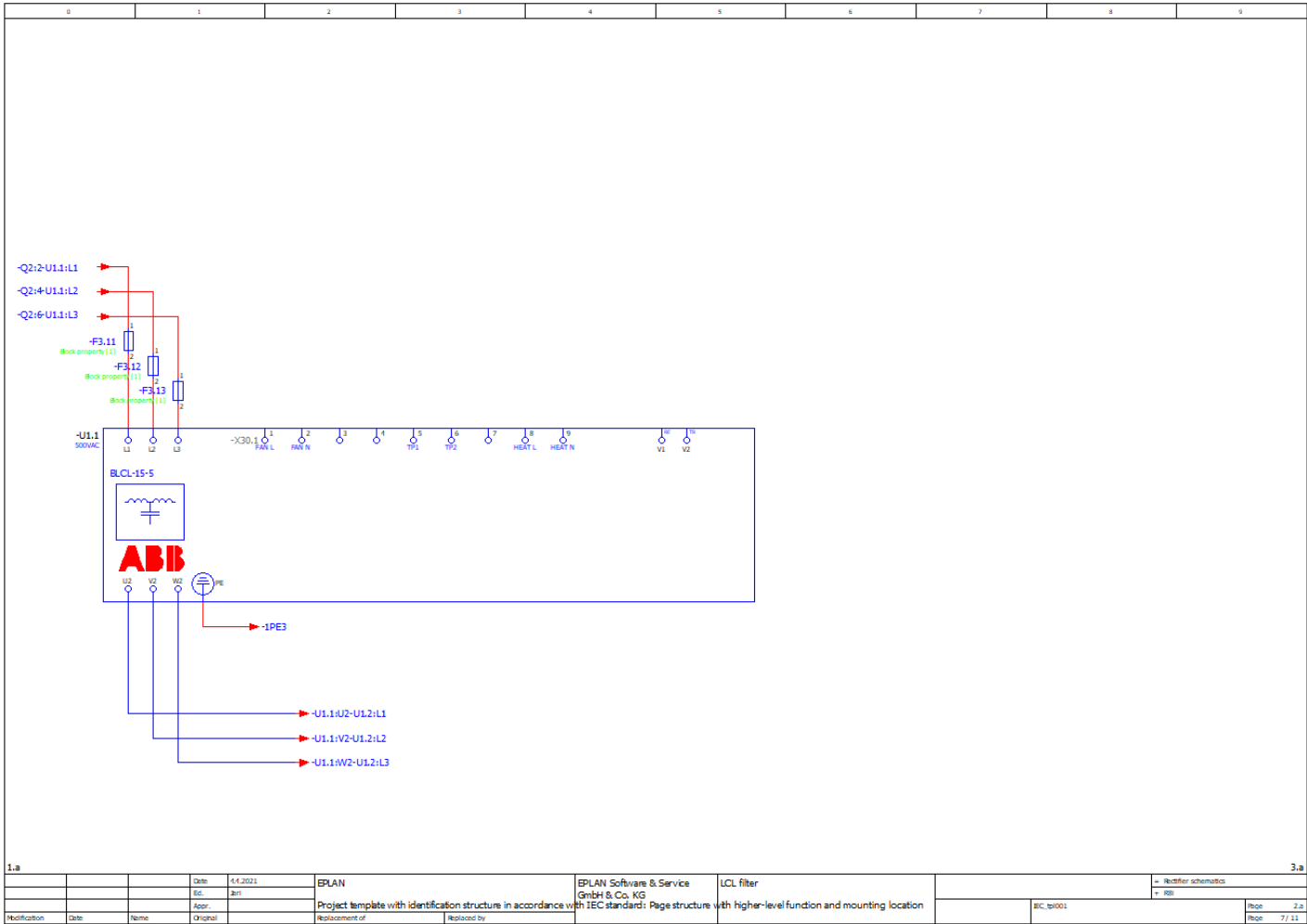


Liite 3. Tasasuuntaajan R6i:n pääpiirikaaviot.

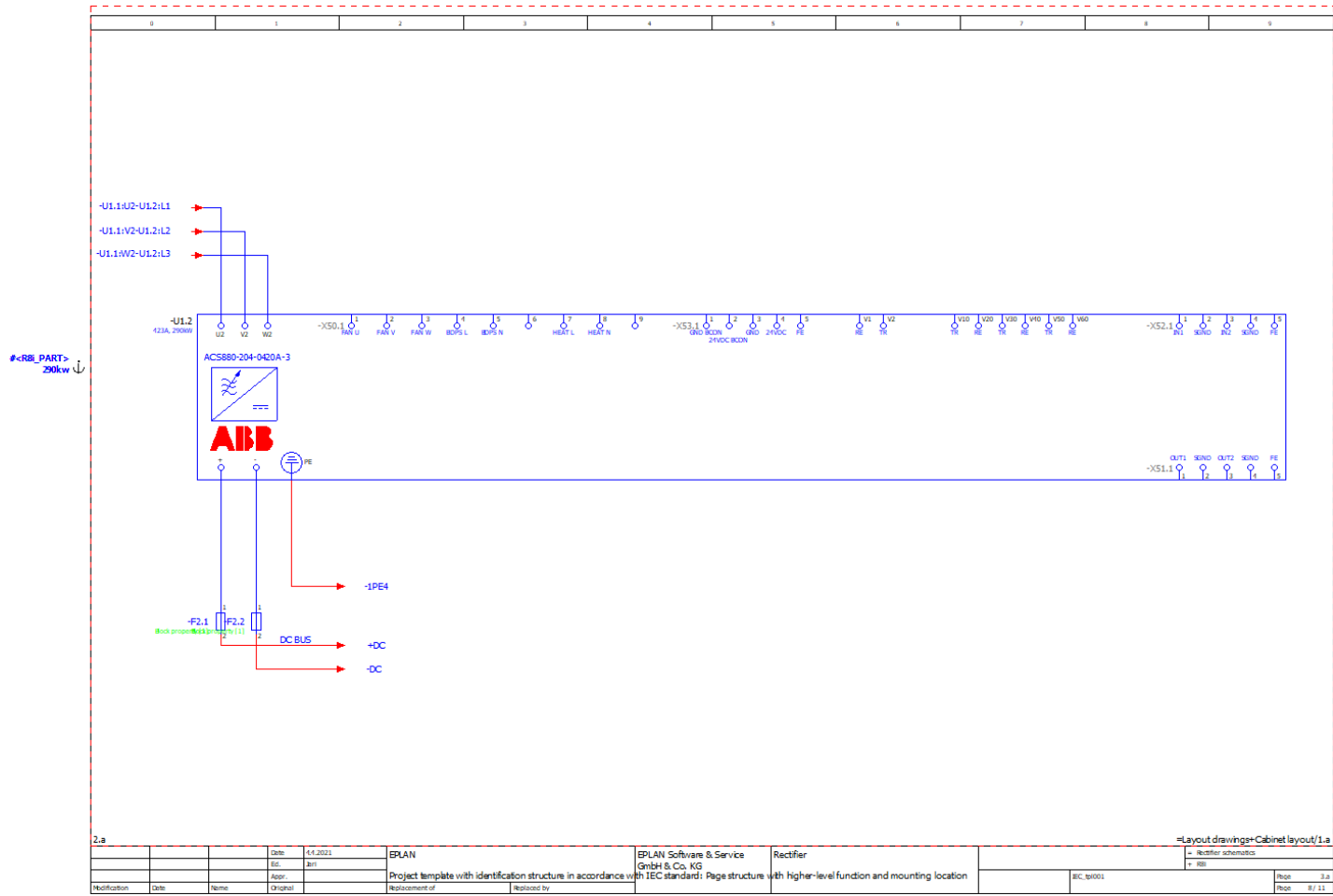




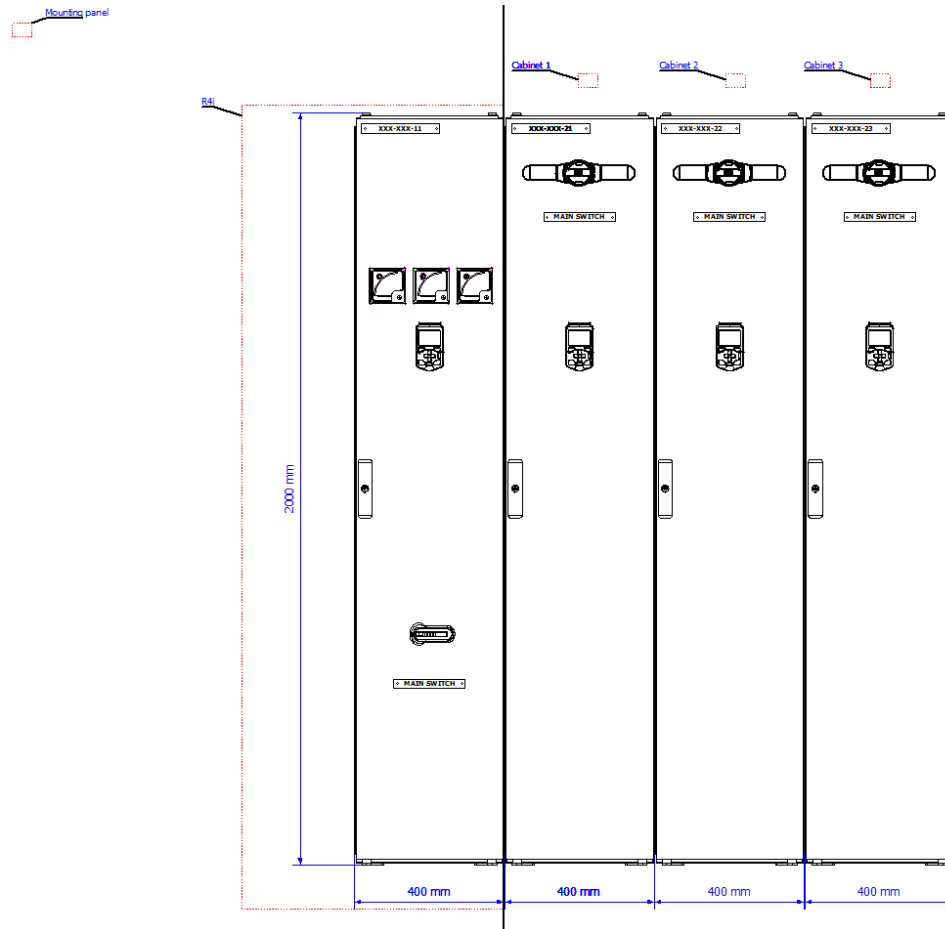




1.a		Date: 11.2021		EPLAN		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		LCL filter		= Rüdiger schematics	
		EC: jrt		Project template with identification structure in accordance with IEC standard: Page structure with higher-level function and mounting location						= RÜ	
		Appr:		Replacement of		Replacement by		EC: 61001		Page: 2,4	
Modification		Date		Name		Original				Page: 7 / 11	



## Liite 5. Kaappien tasopiirustukset.



Rectifiers

R6i

Inverter side

