



EPLAN Cogineer-lisäosan so- veltaminen modulaarisen tuot- teen sähkösuunnitteluun

Tuomo Rehn

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Automaatioteknologia
YAMK

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologian koulutus, YAMK

REHN, TUOMO:

EPLAN Cogineer-lisäosan soveltaminen modulaarisen tuotteen sähkösuunnitteluun

Opinnäytetyö 42 sivua.
Joulukuu 2020

Monimutkaistuvassa ja nopeutuvassa maailmassa konevalmistajat pyrkivät vastaamaan uusiin haasteisiin uusilla toimintatavoilla ja työkaluilla. Asiakkaille halutaan tarjota yhä nopeampia toimitusaikoja ja monipuolisempia tuoteperheitä. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia EPLAN-suunnitteluohjelmiston Cogineer-lisäosan mahdollisuuksia modulaaristen tuotteiden sähkösuunnittelun tehostamisessa.

Modulaariset tuotteet ja varsinkin modulaarinen suunnittelu ovat koneenrakennuslalla kohtuullisen uusi ilmiö. Tutkimuksen kohdetuotteeksi valikoitui Fastems MLS-järjestelmän Adaptive-hissi, joka on suunniteltu modulaarisin periaattein.

Työn ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, voiko modulaarisen tuotteen modulaarisen ja/tai funktionaalisen rakenteen soveltaa Cogineer-järjestelmään toimivaksi. Toisena tavoitteena oli selvittää, mitä etuja on saavutettavissa tuotehallinnan ja versiohallinnan, sekä suunnittelun läpimenoajan ja laadun kannalta.

Tutkimuksessa todettiin, että EPLAN Cogineer pohjaa toimintansa vahvasti olemassa olevaan tai sitä varten luotuun makroprojektiin. Makroprojekti on EPLANin ominaisuus, tietokanta, johon on tarkoitus tallentaa valmiita kaaviosivuja toimitusprojektien kaavioiden luontia varten. Työssä huomattiin, että tästä voi koitua suuria muutoksia tuote- ja versiohallintaan sellaisissa yrityksissä, joissa on totuttu käyttämään jo olemassa olevia tuotehallintajärjestelmiä ensisijaisina suunnittelun pohjakaavioiden tallennus- ja ylläpitopaikkana.

EPLAN Cogineer todettiin hyvin toimivaksi ja johdonmukaiseksi järjestelmäksi. Sen avulla on mahdollista toteuttaa modulaarisen tuotteen funktionaalisen rakenteen mukaisia tuotekonfiguraattoreita automaattiseen sähkökaavioiden luomiseen. Sen ei testiympäristössä kuitenkaan todettu nopeuttavan itse kaavioiden luomista tilaajayrityksen perinteisempään toimintatapaan verrattuna. Cogineerin kuitenkin todettiin olevan potentiaalinen työkalu lähes koko tilaajayrityksen tuoterepertuaarin sähködokumenttien luomisen apuvälineenä. Koska tilaajayrityksen tuotteet ovat pitkälle standardoituja, työn tuloksia ei kuitenkaan voida pitää yleispätevinä toisten yritysten tuotteisiin.

Asiasanat: suunnittelu, sähkösuunnittelu, modulaarisuus, automaatiojärjestelmät

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Automation Technology

REHN, TUOMO:
Application of EPLAN Cogineer to Electrical Design of a Modular Product

Master's thesis 42 pages
December 2020

In an ever more complicated and fast-paced world the machine manufacturers are facing new challenges with new procedures and tools. They want to offer customers faster delivery times and more diverse product families. The purpose of this thesis was to examine the benefits of applying the Cogineer add-on of EPLAN design software to the electrical design of modular products.

Modular products and especially modular designing are somewhat new phenomenon on machine building industry. The case study was made on the new Adaptive crane of the company Fastems. The Adaptive crane has been designed with modular principles.

The first objective of the thesis was to examine if the modular or functional structure of a modular product could be applied to work with the Cogineer-addon. The second objective was to investigate what kind of benefits can be achieved in terms of product management, version management, lead time of design and quality of design.

It was found that the functionality of EPLAN Cogineer is heavily based on an existing or specifically made for macro project. Macro project is EPLANs own system for storing premade template schematics for use on actual delivery projects. This may create challenges and significant changes to ways of working for the company if an existing PDM system has been the main storage and upkeep location for base schematics.

EPLAN Cogineer was discovered to be a well-functioning and logical system. It can be used to create product configurators based on the functional structure of modular products for automatic generating of electrical schematics. It was, however, not found to be any faster in terms of project design activities with the test setup compared to the traditional design methods of the client company of this thesis. Nevertheless, Cogineer was found to be a potential tool for supporting the creation of electrical schematics for most of the products of the client. Because the study was made for the standardized products of the client company, the results cannot be applied as they are to any products of other companies.

Key words: design, electrical design, modularity, automation systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	MITÄ ON MODULAARISUUS?	7
	2.1 Modulaarisuuden hyödyt	7
	2.2 Modulaarinen suunnittelu	8
	2.3 Brownfield-prosessi	11
3	EPLAN - SUUNNITTELUOHJELMISTO	13
	3.1 Makrot	14
	3.2 Cogineer Designer	15
	3.3 Cogineer Project Builder	18
4	TILAAJAN TARPEET	19
	4.1 Laatu	19
	4.2 Tuotehallinta	20
	4.3 Läpimenoaika	20
	4.4 Vaatimukset sähködokumentaatiolle	21
5	TOTEUTUS	23
	5.1 Adaptive DMC	23
	5.1.1 Modulaarinen rakenne	25
	5.2 Sähkösuunnittelu ja ylläpito vanhemmissa tuotteissa	26
	5.3 Projektirakenteen mukauttaminen Cogineerille sopivaksi	28
	5.3.1 Uusi EPLAN-projektirakenne	29
	5.3.2 Uuden rakenteen soveltaminen Cogineer Designeriin	30
	5.3.3 Cogineer Project Builderin testaus	35
6	VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	6.1 Soveltaminen	36
	6.2 Ylläpidettävyys	37
	6.3 Suunnittelu-aika	38
7	POHDINTA	41
	LÄHTEET	43

ERITYISSANASTO

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu. Computer aided design
CAE	Tietokoneavusteinen suunnittelu. Computer aided engineering
DMC	Kaksimastoinen hyllystöhissi. Double Mast Crane
FMS	Joustava tuotantojärjestelmä. Flexible Manufacturing System.
PDM	Tuotetiedon hallinta. Product Data Management

1 JOHDANTO

Koneiden suunnittelussa tärkeimpiä asioita ovat suunnittelun laatu ja nopeus. Perinteisessä suunnittelussa nämä kaksi asiaa ovat paljolti verrannollisia. Mitä pidempi aika on käytettävissä suunnitteluun, sitä laadukkaampaa jälkeä saadaan aikaan. Kuitenkin kokoajan nopeutuvassa maailmassa ja kiristyvässä kilpailussa myös koneenvalmistajat haluavat toimittaa laitteita mahdollisimman nopeasti asiakkailleen. Muun muassa tähän tarpeeseen suunnittelujärjestelmien tuottajat pyrkivät vastaamaan uudenlaisilla ratkaisuilla perinteisten suunnittelutyökalujen ohella. Työkalujen ohella haetaan ratkaisuja myös muuttamalla suunnittelun periaatteita. Suunnittelun ohella koneen toimittamiseen vaikuttaa myös muu organisaatio, jota toimittajat pyrkivätkin optimoimaan erilaisilla uudistuksilla.

Yhtenä ominaisuutena koneiden suunnitteluun on tullut modulaarisuus, joka muuttaa melko suurestikin suunnittelutapoja verrattuna perinteisiin tapoihin. Modulaarisuuteen perustuvassa suunnittelussa laitekokonaisuus jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin, joita on helpompi käsitellä ja versioida toisistaan erillisinä omina yksikköinä. Modulaarisuus parantaa laatua, koska suurempi osa suunnittelutyöstä voidaan osoittaa laitteen kehittämiseen ja ylläpitoon. Modulaarisuus mahdollistaa myös esimerkiksi osakokonaisuuksien tehokkaamman tuottamisen ja varastoinnin.

Suunnittelua on jo vuosia tehty tietokoneavusteisesti. Tietokoneavusteiset suunnitteluohjelmistot, eli CAD-ohjelmistot, yleistyivät 1980-90-luvuilla, ja ne ovat mulistaneet sähkösuunnittelun muiden alojen ohella. Nykyään markkinoita valtaavat tietokantapohjaiset ohjelmistot, joilla saadaan aikaiseksi paljon muutakin, kuin piirikaavioita ja kojeistokuvia. Näitä ohjelmistoja kutsutaankin nimityksellä CAE – Computer-aided Engineering, joka kuvastaa laajempaa kyvykkyyttä tavallisiin CAD-ohjelmistoihin verrattuna.

Tämän työn tarkoituksena on tutkia EPLAN-suunnitteluohjelmiston lisätyökalun Cogineerin käyttöä soveltaen sitä modulaarisen tuotteen suunnitteluun. Tavoitteena on saada vertailupohjaista tietoa Cogineerin käytöstä verrattuna perinteiseen suunnitteluun.

2 MITÄ ON MODULAARISUUS?

Moduuliajattelu pohjautuu paljolti systeemiajatteluun. Systeemiajattelu on universaali tapa tarkastella asioita kokonaisuuksina, jotka jakautuvat pienempiin kokonaisuuksiin.

Moduuliajattelu on ollut kantava ajatusmalli monilla aloilla jo noin vuosisadan. Parhaiten se näkyy esimerkiksi autoteollisuudessa. On hyvin tavallista, että autovalmistaja tuottaa osakokonaisuuksia eri tehtailla tai alihankkijoilla, ja tuo ne kokoonpantavaksi yhdelle, jossa autot valmistetaan. Arkisimmillaan modulaarisuus näkyy vaikka kodin sisustamisessa, jossa esimerkiksi sängyn patjoilla on tietyt valmistajien sopimat standardimitat, jolloin ne sopivat mihin tahansa kyseiset mitat omaavaan sänkyyn. Vaikka modulaarisuus on erittäin yleistä itse tuotteissa, on se kuitenkin kohtuullisen harvinaista itse suunnittelussa. (Garud 2002.)

2.1 Modulaarisuuden hyödyt

Modulaarisuus tuo hyötyjä lähes jokaiseen tuotteen ja varsinkin tuoteperheen toimitusprosessin vaiheessa. Suunnittelijan näkökulmasta modulaarisuus vähentää projektikohtaisen suunnittelun työmäärää, koska projektisuunnittelussa voidaan käyttää valmiiksi suunniteltuja moduuleja. Mitä enemmän käytetään valmiita moduuleja, sitä enemmän toistuvan suunnittelun määrä vähenee. Parhaimmillaan modulaarisuus mahdollistaa samojen moduulien käyttämisen tuoteperheen eri tuotteissa, jolloin suunnittelun näkökulmasta myös samankaltaisten, mutta erilaisten ratkaisujen määrä vähenee.

Ylläpitävän suunnittelun kannalta moduulien käyttö lisää laatua, koska moduulit tekevät osakokonaisuuksien päivittämisen ja tarkastelun helpommaksi. Koko tuotteen sijaan voidaan tehdä tarvittavat muutokset yhteen moduuliin, vähentäen ylläpitoon tarvittavaa tuntimäärää. Tuotteen koko elinkaaren aikana voidaan siis saavuttaa huomattavia säästöjä. (Gershenson, Prasad & Zhang 2003, 303.)

Modulaarisuuden tuotteen kohdalla myös rinnakkainen suunnittelu on helpompaa. Kun moduulit ja niiden riippuvuudet on tarkoin määritetty, pystytään eri moduulien tai jopa niiden osien suunnittelu jakamaan usealle suunnittelijalle. (Gershenson et al. 2003, 304.)

Materiaalivirran kannalta modulaarisuus vähentää erilaisten varastoitavien osien määrää, koska samoja moduuleja pyritään käyttämään useassa eri tuotteessa. Tämä puolestaan johtaa siihen, että voidaan ostaa tai valmistaa suurempia eräkokoja, joka johtaa säästöihin ostoissa. (Erixon 1998.)

Tuotannon kannalta modulaarisuus tuo myös etuja. Kun useassa tuotteessa käytetään samoja moduuleja, voidaan niiden tuotantoa ketjuttaa ja säästää kokoonpanoaikaa. Useamman samalaisen moduulin kokoonpaneminen peräjälkeen vie tutkitusti vähemmän aikaa, kuin niiden valmistaminen erikseen. Kokoonpanijoiden kokemuksen karttuessa nopeus myös kasvaa. (Gershenson ym. 2003, 305.)

Myös tuotteiden lähetyksessä saavutetaan etuja. Kun tuotteet ovat standardoituja, niiden pakkaus- ja välivarastointi voidaan myös standardoida.

Lähteiden ja kokemusten perusteella modulaarisen tuotteen kehittäminen vaatii asiantuntemusta monilta aloilta, jotta modulaarisuuden hyödyt saadaan valjastettua koko toimitusprosessissa mahdollisimman tehokkaasti. Modulaarisen tuotteen tai tuoteperheen kehityksessä kannattaa alusta asti olla edustajia toimitusorganisaation eri yksiköistä.

2.2 Modulaarinen suunnittelu

Modulaarinen suunnittelu perustuu moduuliajatteluun. Modulaarisen suunnittelun kantava periaate on se, että isot kokonaisuudet jaetaan useaksi yksittäiseksi osaseksi, eli moduuliksi. Ajatuksena on, että nämä yksittäiset moduulit ovat helpposti muokattavissa erillään muista. Jotta tällaista moduulirakennetta voidaan hallita, täytyy sille luoda arkkitehtuuri, joka määrittää moduulirakenteen ja moduulien riippuvuussuhteet. (Baldwin & Clark 2000, 63.)

Suunnittelun näkökulmasta modulaarisuus tuo sekä helpotuksia, että haasteita. Arkkitehtuurin suhteen yhden moduulin omaksuminen on nopeampaa, joten sen muokkaaminenkin on mahdollista tehdä nopeammin. Kokonaisen moduulijärjestelmän hahmottaminen riippuvuussuhteineen puolestaan vaatii enemmän paneutumista.

Modulaaristen tuotteiden suunnittelua ovat tutkineet Tampereen Yliopistolta mm. Timo Lehtonen, Tero Juuti ja Jarkko Pakkanen. He kaikki ovat tehneet väitöskirjansa modulaarisuuteen liittyen. Lehtonen keskittyy väitöskirjassaan uuden modulaarisentuotteen suunnitteluun ja Pakkanen puolestaan olemassa olevan tuoteperheen kehittämiseen kohti modulaarista tuoteperhettä. (Lehtonen 2007, Pakkanen 2015.)

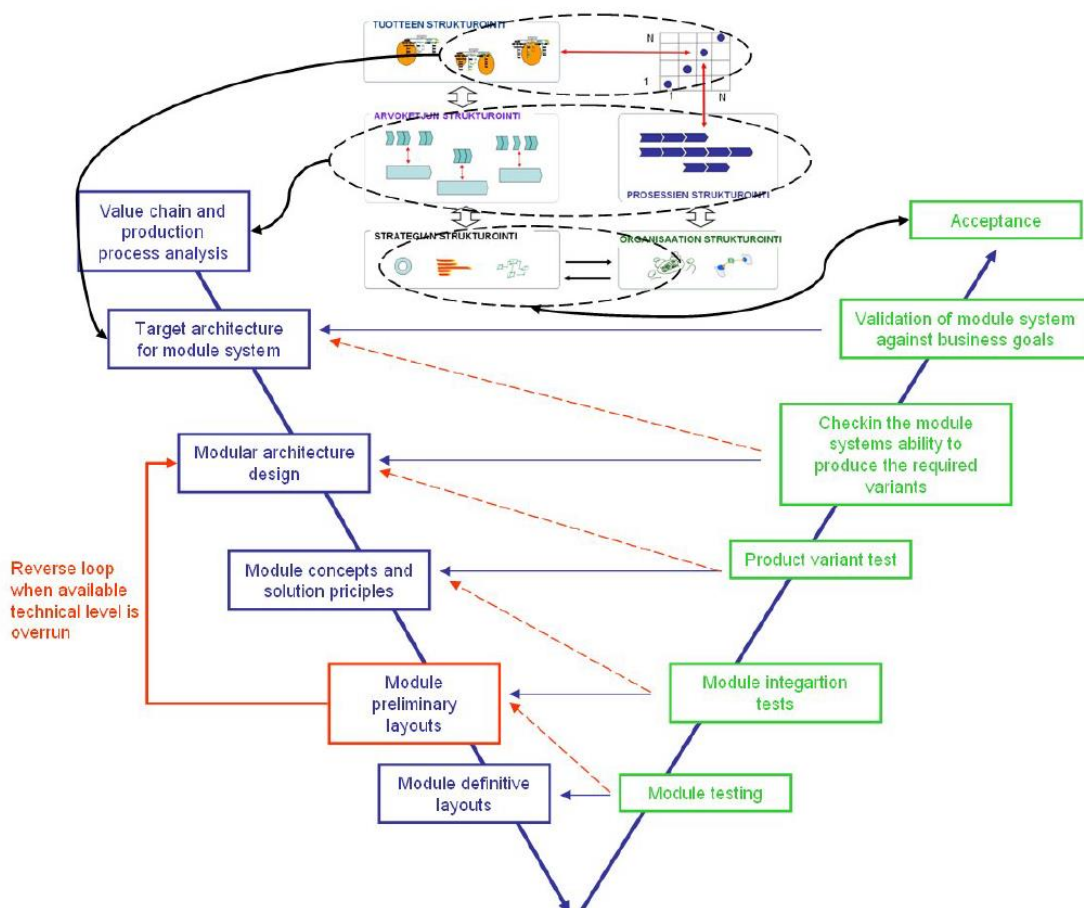
Lehtonen (2007) kirjoittaa väitöskirjassaan, että suunnittelutieteessä modulaarisuutta on kyllä tutkittu paljon, ja sen hyödyntämiseen on kehitetty paljon metodeja, mutta kyseisiä metodeja käytetään harvoin ja onnistuneesti. Vastaavan ajatuksen esittää myös Pakkanen omassa väitöskirjassaan. Lehtosen mukaan modulaarisen tuotteen suunnittelussa suurimpia kompastuskiviä on pyrkimys tehdä täydellinen moduulirakenne, joka on yhtenevä tuotteen funktionaalisen rakenteen kanssa. (Lehtonen 2007, 8.)

Pakkanen esitti 2015, että onnistuneeseen modulaarisen tuoteperheen suunnitteluun tarvitaan seuraavat elementit:

- Osiointilogiikka, joka määrittää tuotteen rakennetta liiketoiminnan ja asiakkaan näkökulmasta
- Moduulijoukko, joka sisältää tuotteen eri variaatioiden moduulit, eli ns. rakennuspalikat
- Vakioidut rajapinnat, joiden avulla tuotevaihtoehdot saadaan määritettyä myyntivaiheen prosessiin
- Arkkitehtuuri, joka määrittää moduulien väliset suhteet, liittymät ja riippuvuudet
- Konfigurointitiedot, jotka määrittävät eri tuotteiden väliset suhteet ja yhteensopivuudet, sekä tuotteen ominaisuuksiin vaikuttavat asiakkaan tarpeet (Pakkanen 2015, 277)

Näitä listattuja vaatimuksia voi erittäin hyvin myös soveltaa yksittäisen tuotteen vaatimusmäärittelyyn.

Kuten mainittu aikaisemmin, itse suunnitteluun on olemassa monenlaisia metodeja, mutta kovin vähän kokonaisvaltaisia prosesseja. Lehtonen esitti vuonna 2007 kuvassa 1 esitettyä V-mallista prosessia, joka mukailee systeemisuunnittelun V-mallia.



KUVA 1. Modulaarisen tuotteen suunnitteluprosessi. (Lehtonen 2007, 172)

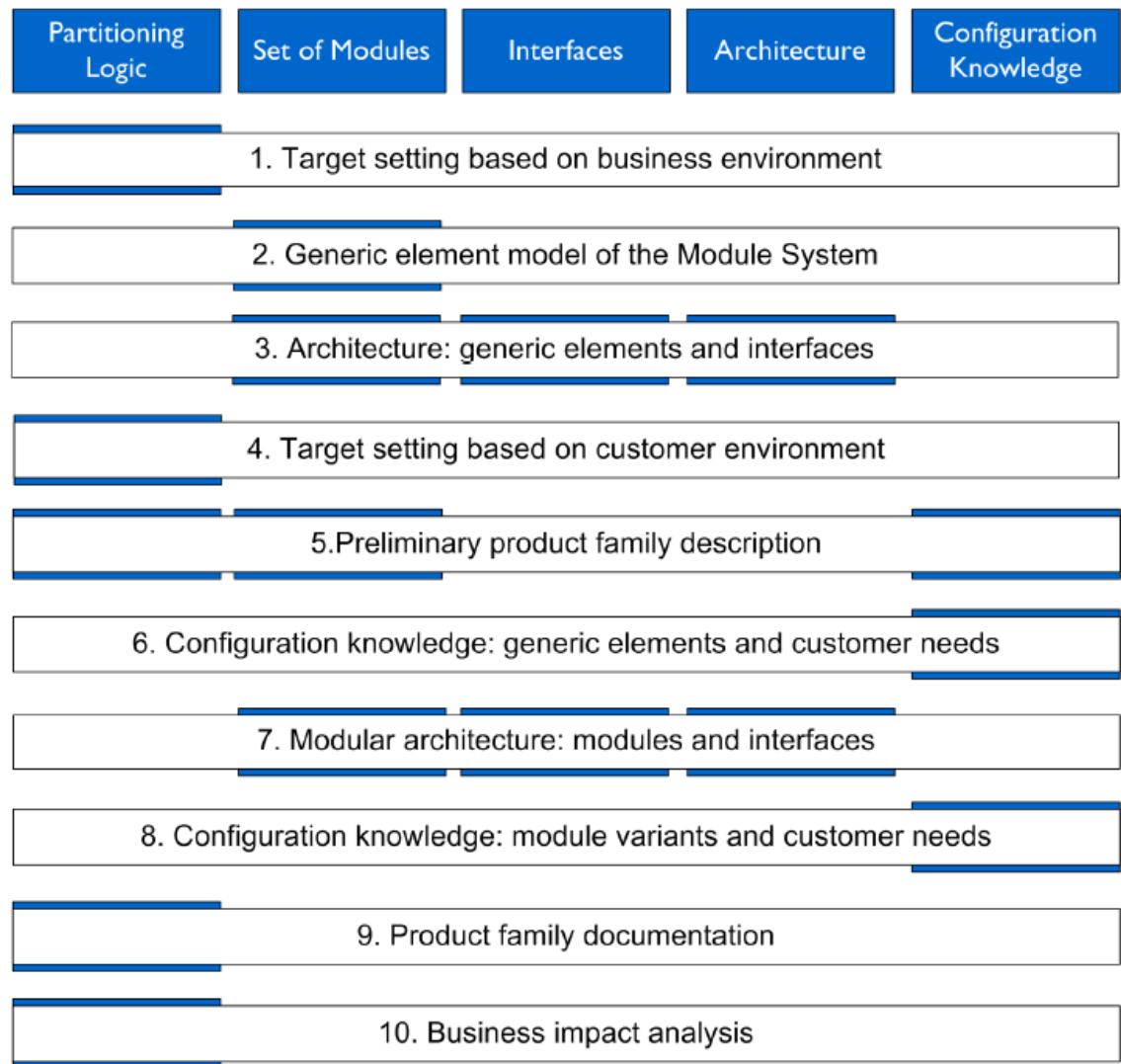
V-mallinen suunnitteluprosessi alkaa ja päättyy yrityksen strategisesta viitekehystä. V-prosessin käyttö vaatii siis vahvaa ohjausta strategisesta näkökulmasta. Kuten kuvasta 1. voidaan todeta, V-prosessissa on useita iterointikiertoja prosessin eri vaiheiden välillä.

Myös muita prosesseja on kehitetty modulaaristen tuotteiden suunnitteluun. Seuraavassa kappaleessa esitellään yksi.

2.3 Brownfield-prosessi

Kuten Lehtonenkin (2007) on todennut, käytännöllisiä, selkeitä prosesseja modulaariseen suunnitteluun varsinkin esimerkiksi konerakennusalalla on olemassa verraten vähän. Jarkko Pakkanen käy väitöskirjassaan läpi erilaisia prosesseja ja apuvälineitä, mukaan lukien Lehtosen esittelemän V-mallin prosessin. Pakkasen mukaan olemassa olevat prosessit eivät kuitenkaan sovellu kokonaisen modulaarisen tuoteperheen suunnitteluun (Pakkanen 2015, 171). Väitöskirjansa pääaiheena hän esitteleekin päivitetyn version Brownfield-prosessista, joka tukee modulaaristen tuotteiden suunnittelua ja vanhojen tuotteiden päivittämistä modulaarisiksi.

Brownfield-prosessissa hyödynnetään aikaisemmin esiteltyjä, suunnittelun tukena tarvittavia, modulaarisen tuotteen elementtejä. Kaaviossa 1 on kuvattuna koko prosessin vaiheet, sekä elementtien suhteet eri vaiheisiin. Kaaviosta voidaan esimerkiksi päätellä, että arkkitehtuurin määrittämisessä täytyy painopiste olla itse arkkitehtuurin lisäksi rajapinnoissa, että moduulijoukossa.



KAAVIO 1. Brownfield-prosessin kuvaus. (Pakkanen 2015)

Brownfield-prosessilla on V-mallisen prosessin tapaan liiketoiminnallinen lähtö- ja loppupiste, sillä prosessin tuloksen päämäärä on tukea yrityksen kilpailukykyä ja kannattavuutta (Pakkanen 2015, 171).

3 EPLAN - SUUNNITTELUOHJELMISTO

Tietokoneavusteinen suunnittelu on nykyään käytännössä ainoa järkevä tapa tehdä sähkösuunnitelmia. Yksi markkinoiden tunnetuimmista suunnitteluohjelmista on AutoCAD, mutta markkinoita ovat vallanneet myös monet muut suunnitteluohjelmat.

Yritykset ovat siirtyneet ja siirtyvät yhä enemmän ja enemmän käyttämään tietokantapohjaisia suunnitteluohjelmistoja. Suunnitteluohjelmistoja on perinteisesti kutsuttu CAD eli Computer Aided Design -ohjelmistoiksi, mutta tietokantapohjaisuuden tuomien lisäominaisuuksien myötä on kehitetty uusi nimitys CAE eli Computer Aided Engineering. CAE-ohjelmistojen suurin etu on se, että niiden avulla erilaisten raporttien luominen onnistuu helposti ja automaattisesti. Ohjelmiston tietokantaan voidaan esimerkiksi syöttää jokaisen komponentin tiedot. Jokainen piirretty kytkentäpiste kirjautuu myös tietokantaan. Näin voi helposti esimerkiksi luoda osa- ja kaapelilistauksia, sekä kytkentäpisteluetteloita.

Fastemsilla on käytetty tietokantapohjaista EPLAN-suunnitteluohjelmaa jo vuodesta 2006. Alkuun työskenneltiin versiolla EPLAN 21, mutta noin vuodesta 2010 on käytössä ollut EPLAN P8. EPLANin on kehittänyt EPLAN Software & Service GmbH & Co., joka on osa Friedhelm Loh Groupia

EPLAN on erityisesti konesuunnitteluun toimiva ohjelma. Siihen kuuluu aktiivinen osatietokanta, sekä käännostietokanta. EPLANiin on myös integroitavissa erilaisia moduuleita, mm. pneumatiikan suunnitteluun ja kojeistojen 3D-suunnitteluun. Yksi uusimmista integroitavista moduuleista on Cogineer-työkalu, joka mahdollistaa automaattisen kaavioiden luomisen olemassa olevan makrokirjaston avulla.

3.1 Makrot

EPLANissa makroilla tarkoitetaan valmiita kaavio-sivuja tai esimerkiksi leikettä kaaviosta, johon sisältyy useampi komponentti ja kytkentä. Makro voi sisältää myös vain yhden komponentin ja vaikkapa sen sisältämät kytkentäpisteet. Makroja voi tehdä niin piirikaavioista kuin grafiikastakin.

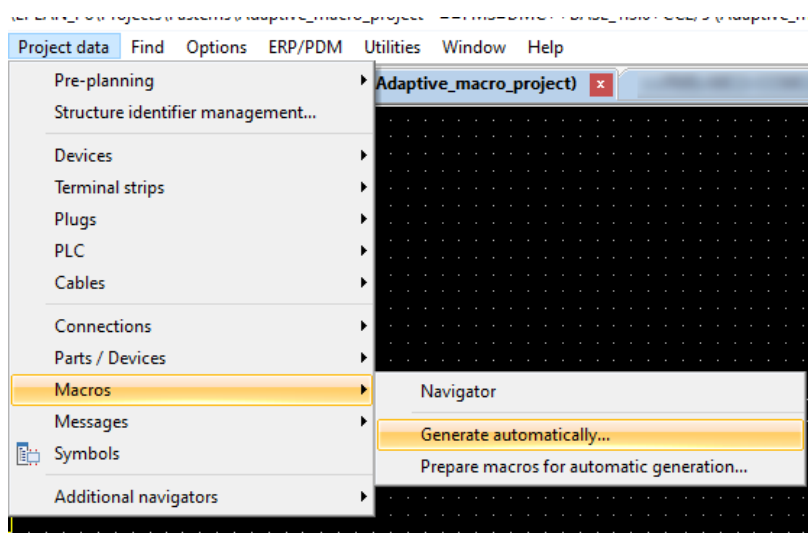
Kokonaisia sivuja sisältäviä makroja kutsutaan page makroiksi. Näihin voi sisällyttää yhden tai useamman valmiin sivun. Sivulle asetettavia, yhden tai useamman komponentin sisältäviä makroja kutsutaan window makroiksi. Periaatteessa kolmantena tyyppinä on myös yksittäiselle komponentille asetettava "symbol makro", mutta se on teknisesti ja käytettävyydeltään sama kuin window makro.

Monet komponenttivalmistajat tarjoavat valmiita EPLAN-makroja joko omilla sivuillaan tai EPLANin data portal – tietokannassa. Data portal on suoraan käytävissä EPLAN-ohjelmiston kautta.

Makrojen suurimpia etuja on se, että ne mahdollistavat nopeamman suunnittelun, koska iso osa suunnittelusta voidaan tehdä niitä käyttäen. Makrojen avulla voidaan syöttää jopa kokonaisia laitekokonaisuuksia suunniteltavaan projektiin. Makrot ovat myös tavallaan muuttumattomia yksiköitä, joten virheiden määrä suunnittelussa vähenee, mitä enemmän niitä käytetään. Toki tämä vaatii sen, että makroja ylläpidetään.

Makrot on järkevintä hallita makrokirjastossa, joka näkyy EPLANissa projektina. Makroprojekti eroaa joiltakin osin tavallisesta EPLAN-projektista, mutta pääosin hallinta ja editointi toimii tavallisen projektin tapaan. Jotta makroja voidaan käyttää makroprojektin ulkopuolella, on niille määritettävä tallennuspaikka kiinto- tai verkkolevylle. Page makroille tallennuspaikka määritetään siihen kuuluvien sivujen asetuksista. Window makrot talletetaan päävalikon kautta.

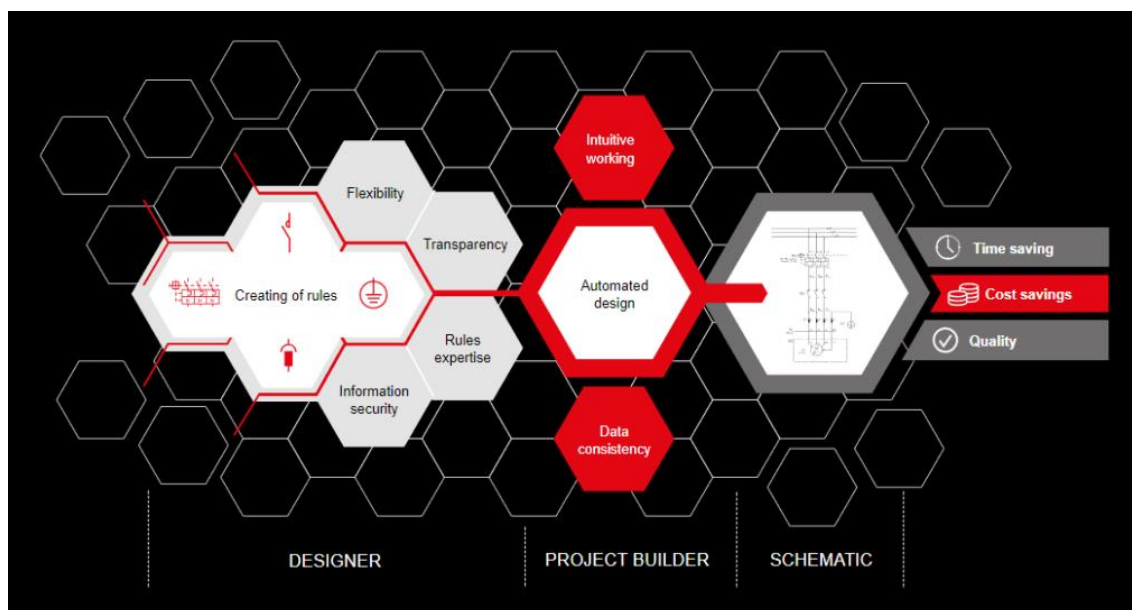
Kaikki makroprojektiin tehdyt makrot voidaan kätevästi kirjoittaa yhdellä napinpainalluksella kiintolevylle, jos vain kohdetiedostot on niille asianmukaisesti asetettu. (Kuva 2)



KUVA 2. Makrojen luominen automaattisesti.

3.2 Cogineer Designer

Cogineer on EPLAN-suunnitteluohjelmistolle kehitetty lisäosa, joka tekijöidensä mukaan mahdollistaa suunnitteluprosessien ja -tietojen laajamittaisen standardoinnin. Cogineerilla voi luoda tuotteille konfiguraattoreita hyödyntäen joko olemassa olevia tai uusia makroja. Tarkoitus on siirtää suunnittelun pääpainoa makrojen ylläpitoon ja tällä parantaa laatua ja dokumentaation luonnin nopeutta. (EPLAN 2020.)



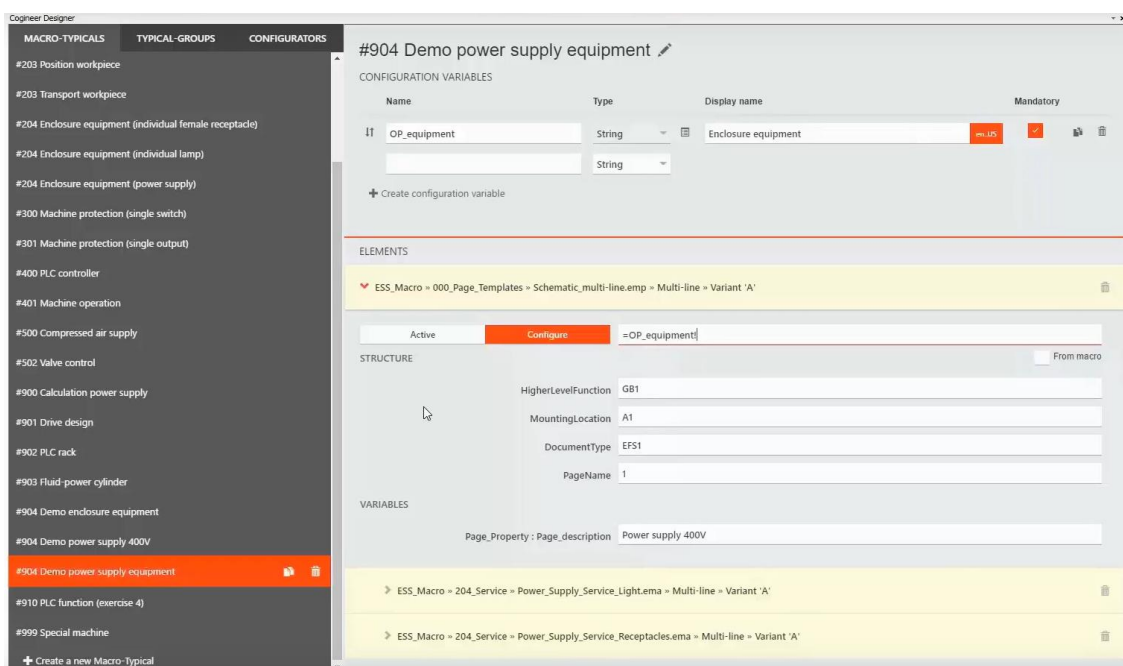
KUVA 3. Kuvaus EPLAN-cogineer suunnitteluprosessista (EPLAN 2020)

Cogineer-työkalu jakautuu kahteen eri osioon. Ensimmäinen osio on Cogineer Designer, jolla määritellään ja editoidaan konfiguraattorit, jotka tulevat käyttöön Cogineer Project builder suunnitteluohjelmaan. Cogineer Designerilla valitaan käytettävät makrot ja muuttujat.

Määrittämiä varten on kolme eri osiota:

- Macro-Typical
- Typical-Group
- Configurator

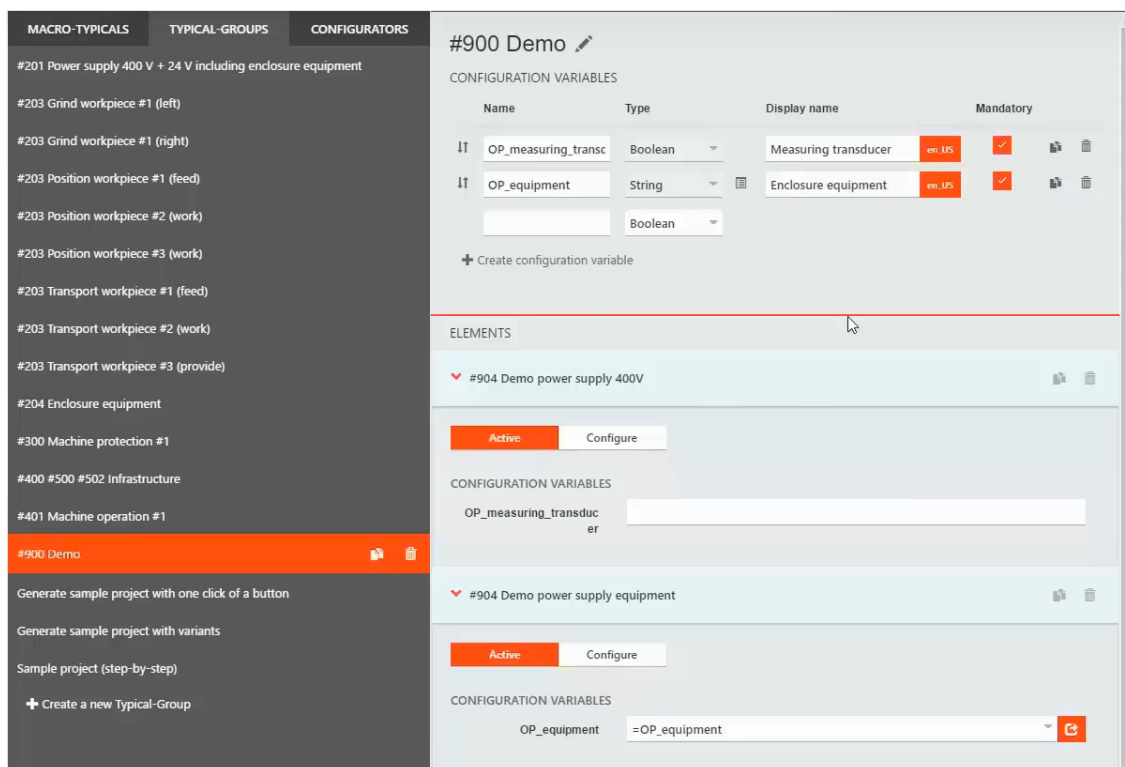
Macro-Typical on rakenne, joka sisältää tietoa yksittäisen kokonaisuuden sisällöstä ja käytöstä. Jokainen macro-typical kartoittaa osan projektia. Se voi sisältää osan piirikaaviota tai esimerkiksi verkkotopologiakartan. Macro-typicalille voi tehdä erilaisia muuttujia, joiden avulla saadaan valittua haluttavat makrot ja asetettua arvoja niihin. Käytännössä macro-typical sisältää yhden tai useamman EPLAN-makron. (Kuva 4)



KUVA 4. Macro-Typical esimerkki. (YouTube: EPLAN Software & Service 2017)

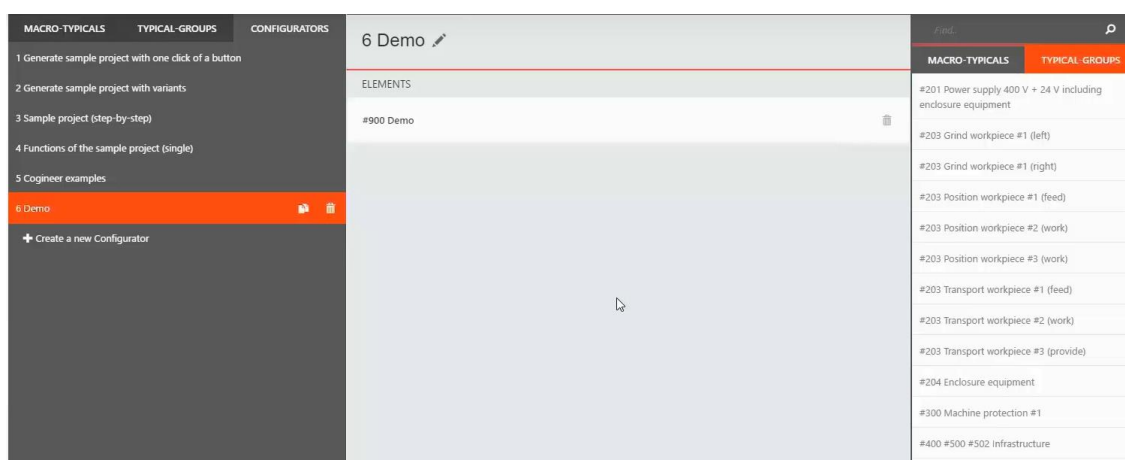
Typical-Group on nimensä mukaisesti ryhmä macro-typicaleja nivottuna yhteen. Typical-groupille voidaan asettaa myös muuttujia, joiden avulla määritetään, että tulostetaanko jokin tietty macro-typical. Lisäksi voidaan määrittää esimerkiksi,

että kuinka monta tiettyä macro-typicalia yhteen projektiin on mahdollista tulostaa. (Kuva 5)



KUVA 5. Typical group esimerkki. (YouTube: EPLAN Software & Service 2017)

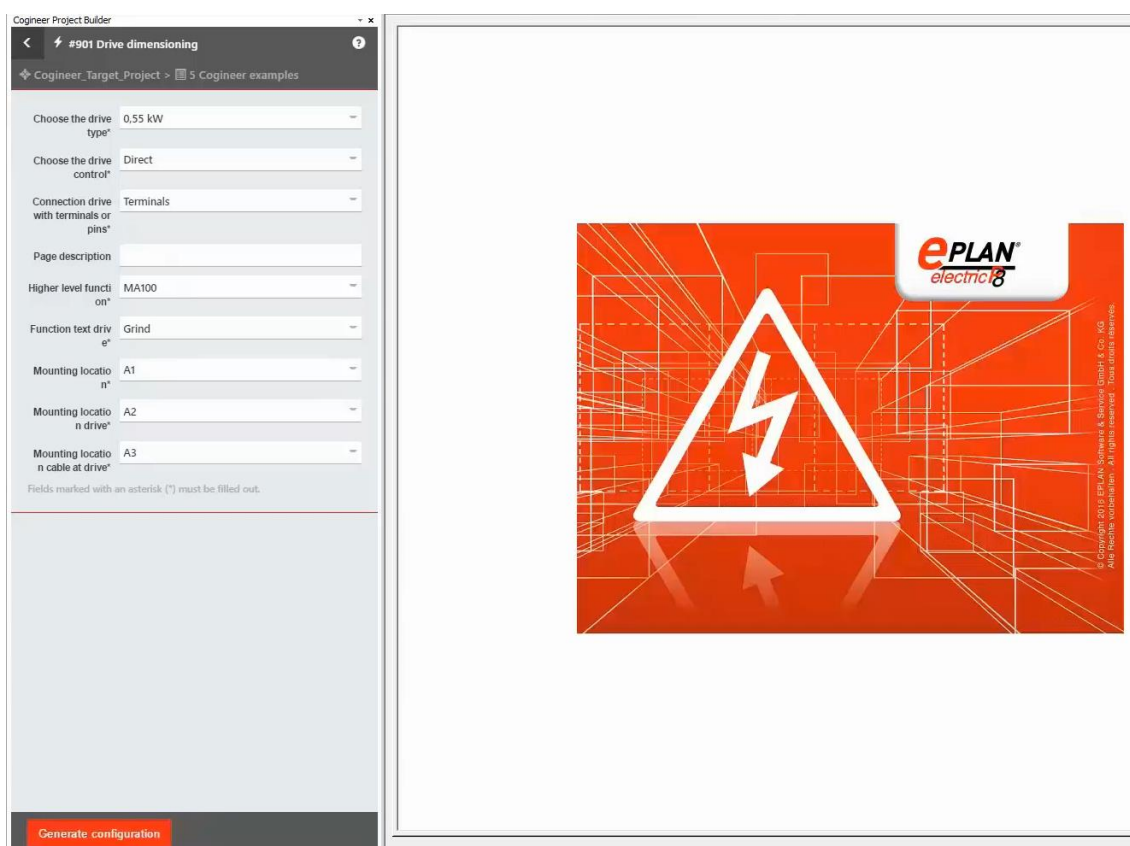
Configurator eli konfiguraattori sisältää kaikki makrot, joita halutaan tulostaa projektille. Siihen voidaan sisällyttää useita macro-typicaleja tai typical gruppeja. Konfiguraattori ei itsessään sisällä muuttujia, vaan sillä määritetään, mitä Cograinger Project Builderissa näytetään. (Kuva 6.)



KUVA 6. Configurator esimerkki (YouTube: EPLAN Software & Service 2017)

3.3 Cogineer Project Builder

Cogineerin toinen osio on Project Builder, jolla projektin kaaviot luodaan. Kaikki Cogineer designerissa määritetyt toiminnot tulevat näkyviin Project Builderin valikkoon. Ensimmäiseksi Project Builderissa täytyy valita luotaville kaavioille kohdeprojekti. Kun kohdeprojekti on valittu ja kaikki halutut valinnat on tehty, kaavioiden luominen voidaan aloittaa klikkaamalla "Generate". (Kuva 7.)



KUVA 7. Cogineer Project Builder. (YouTube: EPLAN Software & Service 2017)

Tässä kohtaa project builder hakee tarvittavat makrot ja alkaa syöttää niitä kohdeprojektille Designerissa määritetyssä järjestyksessä ja määritetyillä ehdoilla.

4 TILAAJAN TARPEET

Fastems on maailmanlaajuisesti yksi työstökoneautomaation kärkipään toimittajia. Fastemsin missiona on auttaa metalliteollisuuden toimijoita optimoimaan tuotantoaan älykkäillä automaatiolaitteilla, -ohjelmistoilla ja palveluilla. Fastemsin osaaminen perustuu vuosikymmenten kokemukseen automaatoratkaisuista. Fastems on toimittanut yli 4000 järjestelmää, ja järjestelmiä on toimitettu yli 90 eri valmistajan työstökoneiden yhteyteen. (Fastems 2020.)

Fastemsin päätuotteet ovat pitkälti vakioituja ja niiden kehitys on jatkuvaa. Laitteet jakautuvat paletin-, kappaleen-, ja työkalunkäsittelyjärjestelmiin. Tuotehallinnassa versionhallinta on ollut tärkeässä roolissa jo vuosia, jotta esimerkiksi muutoksien historia tiedetään.



KUVA 8. Fastemsin tarjontaa. (Fastems 2020)

4.1 Laatu

Fastemsilla – kuten varmasti monissa muissakin yrityksissä – pyritään hyvään laatuun kaikessa tekemisessä. Laadun ylläpitämistä tukee laatujärjestelmä, ja

sen ohella Fastemsin oma yrityskulttuuri kannustaa suoraselkäisyyteen ja ongelmanratkaisuun. EPLANin Cogineer-lisäosa on tehty laadunparannusta silmällä pitäen, joten jos työkalu todetaan toimivaksi, on sen käyttöönotto harkitseminen arvoista.

4.2 Tuotehallinta

Laadukkaiden tuotteiden yhtenä perustana voidaan pitää hyvin organisoitua tuotehallintaa. Versionhallinnan avulla pysytään kartalla tuotteisiin tehdyistä muutoksista ja muutosten syistä.

Modulaaristen tuotteiden arkkitehtuureita käsitellessä versionhallinta saa yhä suuremman roolin. Arkkitehtuuri muuttuu dynaamiseksi, kun se alkaa sisältää moduuleja, jotka eivät versionsa puolesta kulje rinta rinnan riippuvuuksineen.

Dynaamisen arkkitehtuurin ylläpidossa kurinalainen versionhallinta on erittäin tärkeää. (Pakkanen 2015) Ilman sitä on täysin mahdotonta tietää, mitkä moduulien versiot ovat keskenään yhteensopivia.

Esitietojen valossa Cogineerilla on saavutettavissa etuja versionhallinnan näkökulmasta. Cogineer on suunniteltu työkaluksi, jolla voidaan tuottaa valmiista pohjista valmiita tai puolivalmiita sähkökaavioita. Tuotehallinnan näkökulmasta tällainen toimintamalli on edullinen. Kun pohjakaaviot pidetään kunnossa, suunnittelun laatu voi vain parantua Cogineerin käyttöönotolla. Tämä puoli on kuitenkin tutkittava ja pyrkiä löytämään mahdolliset ongelmakohdat.

4.3 Läpimenoaika

Maailmassa on nähtävissä nopeutumista kaikessa toiminnassa, mukaan lukien koneiden toimituksissa. Kuten moni muukin konevalmistaja, myös Fastems haluaa tarjota asiakkailleen mahdollisimman nopean toimitusajan. Myös projekti-suunnittelun läpimenoaika vaikuttaa ratkaisevasti toimitettavien laitteiden toimitusaikaan.

Läpimenoaika onkin yksi tärkeimmistä syistä tutkia Cogineerin käyttöä työn tilaajalle. Jos projektisuunnittelun aikaa voidaan lyhentää, on se edullista ei pelkästään asiakkaalle, vaan myös Fastemsille. Projektisuunnittelusta vapautuvat resurssit voidaan ohjata tuotehallintaan ja kehitykseen. Tällainen resurssien uudelleenallokointi puolestaan lisää väistämättäkin suunnittelun laatua.

4.4 Vaatimukset sähködokumentaatiolle

Koneen sähkölaitteistolle ja sähködokumentaatiolle vaatimukset Euroopassa asettaa koneturvallisuusdirektiivi 2006/42/EC. Konedirektiivin mukaisesti on laadittu standardi EN 60204-1, joka sisältää yleiset vaatimukset koneiden sähkölaitteistoille. Myös Fastemsilla laitteistot ja sähkösuunnitelmat tehdään ko. standardia noudattaen. Laitteesta riippuen täytyy täyttää myös tuotekohtaisien standardien vaatimuksia.

Sähködokumentaation käyttäjiä ovat keskusvalmistaja, koneen kokoonpanija, koneen käyttöönottaja, koneen ostaja eli asiakas, sekä koneen huoltaja. Heitä pyritään palvelemaan mm. täydentävillä tiedoilla sähködokumentaatioissa.

Kokemukset ovat osoittaneet, että keskusvalmistajalle tärkeimpiä tietoja sähködokumentaatioissa ovat paikkansapitävät osalistat, kytkentäpisteet ja seikkaperäinen keskuslayout. Jos johtimet halutaan merkittävän, nopeuttaa valmis kytkentäpistelistaus keskusvalmistajan työtä huomattavasti. Tekstimuotoiset ohjeet ovat aina tarpeen, jos pelkkä kaavio tai graafinen esitys ei ole yksiselitteinen. Revisionnin yhteydessä dokumenteissa on hyvä olla myös revisiointitiedot, joista käy ilmi, mitä kokoonpanosta on muutettu.

Kokoonpanossa arvostetaan sähkökaavioissa loogisuutta. Esimerkiksi yksittäisen laitekokonaisuuden kytkennät on hyvä järjestää kaavioiden sivuille niin, että ne ovat kootusti peräkkäisillä sivuilla, jolloin ne ovat helposti nähtävissä. Tällöin kokoonpanija voi muutaman sivun avulla tehdä yhden kokonaisuuden valmiiksi. Erilaiset kaapelikartat auttavat kokonaisuuden hahmottamisessa. Kokoonpanossa erittäin hyödyllisiä ovat otokset laitteen mekaanisesta mallista, josta voidaan nähdä esimerkiksi toimilaitteiden ja anturien sijainnit.

Koneen ostajan vastuulla on henkilöstön opastaminen koneen turvalliseen käyttöön. Koneen mukana toimitettavien käyttö- ja huolto-ohjeiden tulee pääasiassa opastaa koneen käytössä ja huollossa, mutta myös sähködokumentaatiossa on hyvä huomioida esimerkiksi mahdolliset poikkeustilanteet (Työturvallisuuskeskus 2020). Laitteet tulee olla selkeästi nimetty toimintojen suhteen, jotta esimerkiksi huoltokohteen löytäminen tai vikatilanteen selvittäminen on mahdollisimman mutkatonta.

Cogineerin käyttöönoton ei odoteta vaikuttavan edellä mainittuihin sähködokumentaatiolle asetetuille vaatimuksille ja odotuksille. Jos kuitenkin positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia huomataan, on nämä evaluoitava.

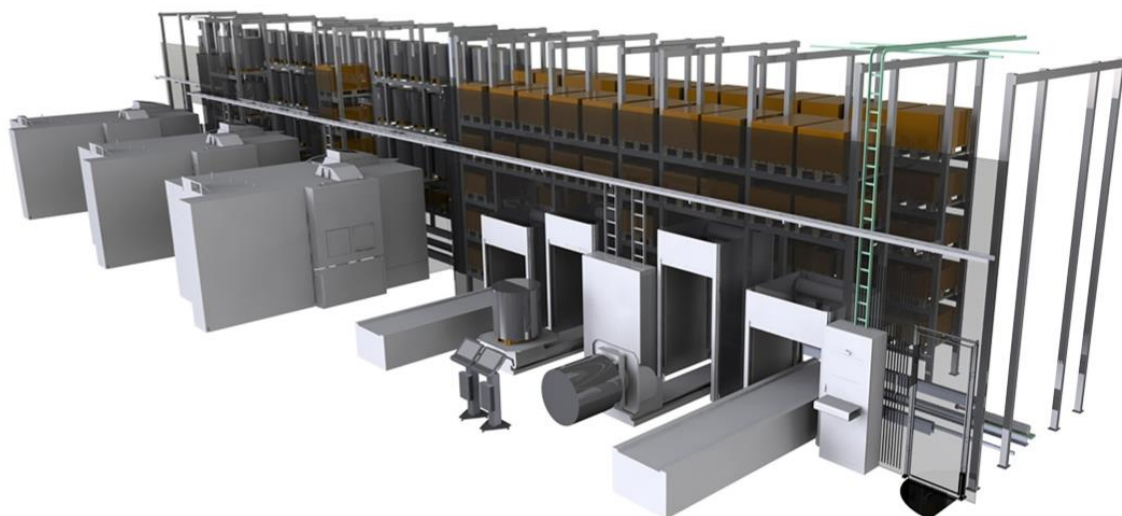
5 TOTEUTUS

Fastemsin tuotteet ovat hyvin pitkälle standardoituja. Käytännössä lähes jokaisen tuotteen konfigurointiin voi esitietojen valossa soveltaa ainakin jollakin tasolla Cogineeria.

Cogineerin tutkimustyöhön valikoitui paletinkäsittelyhissimme viimeisin versio, Adaptive DMC, joka on suunniteltu modulaarisella ajattelutavalla. EPLANin lisäosan, Cogineerin, hyödyntämisen aktiivinen tutkiminen alkoi hissien viimeisimpien versiopäivityksien yhteydessä. Tämä oli hyvä, sillä Cogineerin toimintaperiaatteet nostivat esiin ajatuksia hissien sähkökaavioiden pohjaprojektin rakenteeseen liittyen.

5.1 Adaptive DMC

Historiallisesti Fastemsin päätuotteena voidaan pitää MLS:ää, eli Multi Level Systemiä. (Kuva 9) Se koostuu paletti- ja materiaalivarastosta, lataus- ja materiaaliasemista, sekä siihen integroiduista työstökoneista. Varaston keskellä kulkee hissi, joka kuljettaa konepaletteja latausasemien, varaston ja työstökoneiden välillä, sekä materiaaleja varaston ja materiaaliasemien välillä.



KUVA 9. MLS-järjestelmä.

Hississä nostokelkka kulkee kahden pystymaston välissä, ja siitä hissi on saanut kutsumanimen DMC (Double Mast Crane).

Uusin hissimalli Fastemilla on Adaptive DMC, joka on suunniteltu täysin modulaariseksi. Hissi on esitettyä kuvassa 10.



KUVA 10. Adaptive DMC

5.1.1 Modulaarinen rakenne

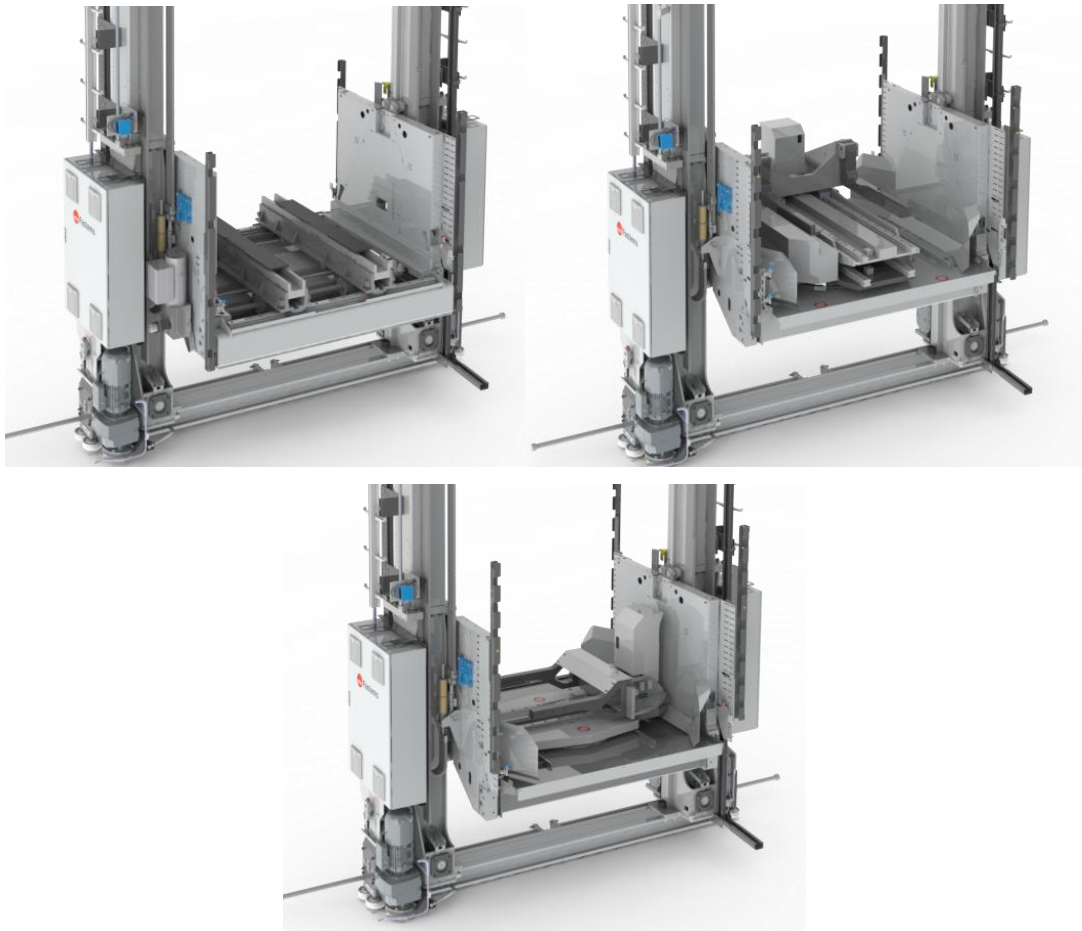
Adaptive DMC:n kehittämisessä oli tavoitteena luoda hissirakenne, joka olisi mahdollisimman mukautuva erilaisiin tarpeisiin. Muina tavoitteina oli mm. esikoonpantavuuden, varastoinnin ja huollettavuuden parantaminen. Kehityksessä hyödynnettiin paljon myös asiakaspalautetta.

Tavoitteiden mukaisesti kehitysprojektissa määritettiin kaikille hissien komponenteille riippuvuussuhteet toisiin komponentteihin nähden. Riippuvuussuhteiden perusteella luotiin moduulit. Moduulit, niiden riippuvuussuhteet ja käytösperiaatteet on määritetty arkkitehtuurikuvauksessa.

Hissiin muodostui neljä pääkoonpanoa, joille moduulit jakoutuivat. Ensimmäinen pääkoonpano on niin sanottu perushissi, joka sisältyy jokaiseen hissiin. Siihen kuuluu hissien ajoliike ja pystymastot, sekä nostokelkan päädyt. Sähkösuunnittelun näkökulmasta tämä sisältää siis hissien pääsähkökaapin, sekä kaikki edellä mainittujen osien sähkökomponentit ja kaapelit. Nämä on jaoteltu tarkoituksenmukaisiksi moduuleiksi.

Kolme muuta pääkoonpanoa ovat hissiin saatavilla olevat kuorman käsittelijät. Näitä ovat TF (Telescopic Forks) eli teleskooppihaarukäsittelijä, SSR (Single Stroke Rotating) eli pyörivä vaihtaja yhdellä iskuliikkeellä, sekä DSR (Double Stroke Rotating) eli pyörivä vaihtaja kahdella iskuliikkeellä. Näistä ensimmäinen, eli TF kykenee kohtisuoraan iskuun hissistä nähden, kahdella muulla voidaan tehdä myös muutaman asteen vinottaisia iskuja.

Hississä on myös muutamia optioita, jotka osaltaan vaikuttavat sähködokumentaatioon. Hissien sähkökaapin avaimen koodaus on valittavissa, jotta useiden hissien järjestelmissä jokaisella hissillä on yksilöity avain. Hissien sähkökaappi voidaan varustaa valolla tai ilmastointilaitteella ympäristöolosuhteiden mukaan. Näiden lisäksi on myös olemassa SHMS:ksi kutsuttu optio.



KUVA 11. Adaptive DMC:n käsittelijät. Vasemmalta ylhäältä TF, DSR, SSR.

Vaikka modulaarisuuden pääidea onkin se, että moduulit ovat mahdollisimman muokattavissa irrallisina, päätettiin versionhallinnan selkeyden vuoksi, että Adaptive DMC:n pääkokoonpanot revisioidaan aina, jos jokin niiden alla olevista moduleista muuttuu. Tämä mukailee Lehtosen vuoden 2007 johtopäätöksiä. Lehtosen mukaan teknisen rakenteen ei tarvitse olla identtinen moduulirakenteen kanssa.

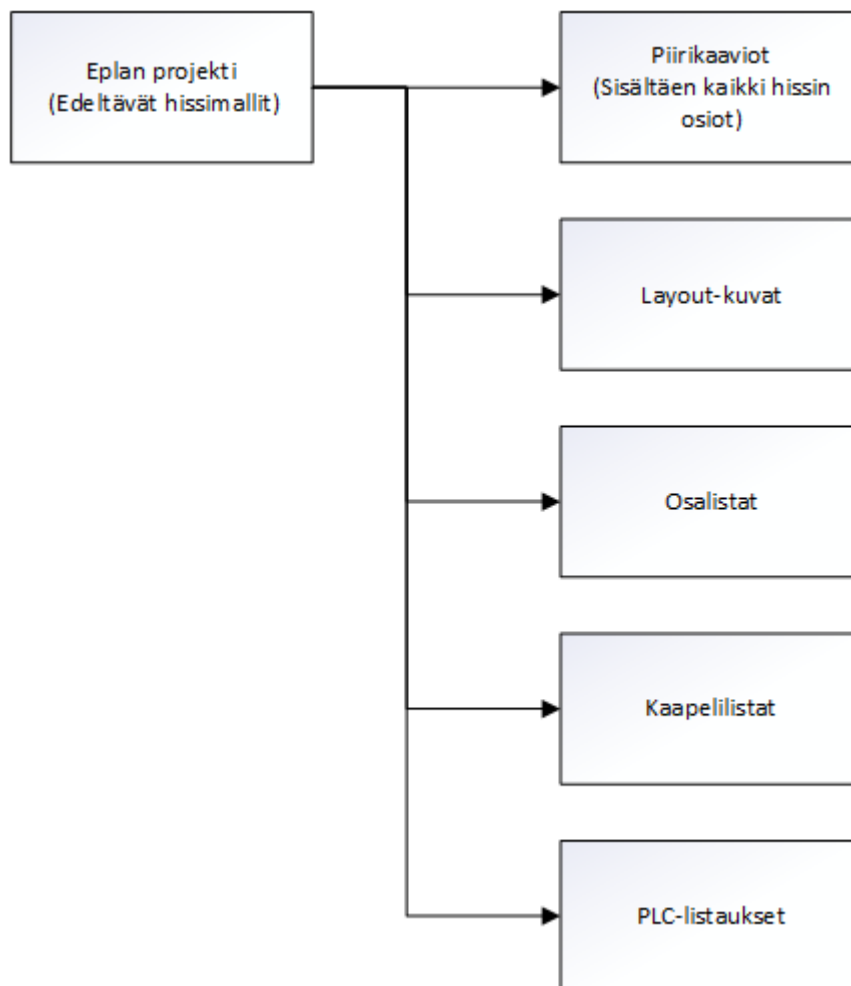
5.2 Sähkösuunnittelu ja ylläpito vanhemmissa tuotteissa

Adaptive DMC:tä edeltävät hissit ovat olleet sähkösuunnittelun näkökulmasta yksittäisiä tuotteita, jotka on suunniteltu yhdelle käsittelijälle tietyllä kuormankestävyydellä. Tämä on mahdollistanut sen, että koko hissien sähkökaaviot on voitu talmentaa makrona PDM-järjestelmään sellaisenaan.

Suunnittelutyö on ollut erittäin suoraviivaista ja nopeaa. PDM-järjestelmästä on haettu sinne aikaisemmin talletettu makro ja syötetty se EPLAN-projektiin haluttuun osoitteeseen. Tämän jälkeen on tehty mahdolliset projektikohtaiset muutokset ja lisäykset.

Ylläpito- ja päivitystoimissa on ensin EPLANissa vanha versio varmuuskopioitu. Tämän jälkeen muutokset on päivitetty EPLANin pohjakaavioihin, jonka jälkeen koko hissien makro on talletettu uutena versiona PDM-järjestelmään. Tarvetta ei ole ollut pitää EPLANissa rinnakkaisia versioita saatavilla varmuuskopiota lukuun ottamatta.

Koko hissien sähkökaavioiden lisäksi PDM-järjestelmään on talletettu jokaisen valmistettavan kotelon valmistuskaaviot.



KAAVIO 2: Vanha projektirakenne yksinkertaistettuna

Kaaviossa 2 on kuvattuna edellisten hissiversioiden EPLAN-pohjaprojektien rakenne yksinkertaistettuna. Käytännössä jokaiselle yksittäiselle hissituotteelle on olemassa oma kaavion mukainen EPLAN-rakenne. Koska edelliset hissit ovat olleet tarkkaan spesifioitu täyttämään tietyt vaatimukset hyvin vähällä varioitumisella, on tämä suunnittelutapa ollut toimiva.

5.3 Projektirakenteen mukauttaminen Cogineerille sopivaksi

Myös Adaptive DMC:n sähködokumentaatio alkoi tuotteen kehityksen alussa rakentua edellä esitellyllä perinteisellä mallilla. Alkuun ajatuksena oli muodostaa kaaviorakenteelle esimerkiksi vaihtoehtoisia sivuja, joilla eri käsittelijöiden kaaviot valittaisiin. Ennen pitkää kuitenkin kolme seikka antoivat herätteen alkaa kehittämään dokumentaation rakennetta toiseen suuntaan.

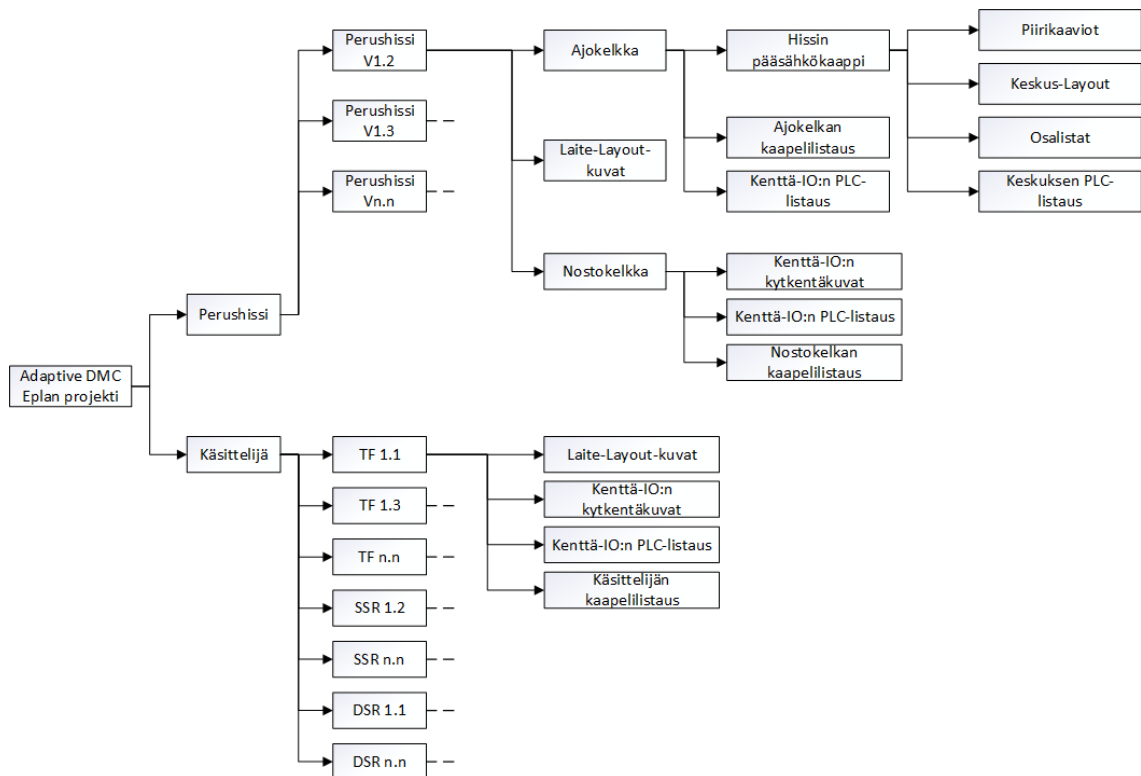
Ensimmäiseksi, hissien kolme käsittelijää ovat perushissistä erillisiä rakenteita, jotka revisioituvat tarpeen mukaan myös eri tahtiin, kuin perushissi. Käsittelijöiden korrelaatio tiettyyn perushissin versioon on lähinnä tekniseen yhteensopivuuteen sidonnainen.

Toiseksi, nopean toimitusmallin myötä samanaikaisesti voi olla suunnittelussa sekä kokoonpanossa useampaa eri versioyhdistelmää perushissistä ja käsittelijöistä. Tämä tarkoittaa sitä, että useamman eri version pohjakaavioita voidaan tarvita yhtäaikaisesti.

Kolmanneksi, Cogineer-lisäosa vaatii makroprojektin toimiakseen. Jotta voidaan luoda sähkökaavioita erilaisilla versioyhdistelmillä, on edellä mainittujen versioiden oltava käytettävissä yhdeltä EPLAN-projektilta samanaikaisesti, mutta erillisinä osioina.

5.3.1 Uusi EPLAN-projektirakenne

Uusi projektirakenne, jonka pohjalta lähdettiin rakentamaan Cogineer-konfiguraattoria, rakentui edellä mainittujen tietojen pohjalta muutaman iteraation kautta. EPLAN-projekti ei rakentunut täysin yhteneväksi tuotteen moduulirakenteen kanssa, mutta toimii toivotulla tavalla.



KAAVIO 3. Yksinkertaistettu kuvaus uudesta EPLAN-pohjaprojektin rakenteesta Adaptive DMC:lle.

Uusi projektirakenne jakautuu kahteen osioon, perushissiin ja käsittelijään. Perushissin alle on jaoteltu kaikki perushissin versiot, käsittelijä-osiossa ovat kaikki eri käsittelijät versioittain. Jokaisen version alta löytyvät kyseiseen versioon tulevat page makrot ja window makrot. Tämä tuo rakenteeseen hieman päällekkäisyyttä, sillä kaikille sivuille ei aina tule version päivittyessä muutoksia. Kaikkien sivujen sisällyttäminen nähtiin kuitenkin välttämättömäksi selkeyden kannalta.

Yksinkertaistettuna yhden hissien koko sähködokumentaatio saadaan rakennettua, kun valitaan kummastakin osiosta yksi versio. Todellisuudessa eri versioiden välillä on tiettyjä yhteensopivuuksia ja riippuvuuksia, jotka täytyy ottaa huomioon.

Käsittelijöiden makrot esimerkiksi lisäävät sivuja tai osia sivuista myös perushissin kaavioihin.

5.3.2 Uuden rakenteen soveltaminen Cogineer Designeriin

Projektirakenteen muokkauksen lisäksi tarvitaan paljon muutakin valmistelua, ennen kuin Cogineerilla voidaan edes alkaa tekemään konfiguraattoreita. Tarvittavat macrot on ensin luotava, ja niiden luomiseksi täytyy tietää sähkökaavioissa muuttuvat asiat.

Aikaisemmin on jo määritetty, että perushissi ja käsittelijät ovat omia kokonaisuuksiaan. Näistä luotiin alkuun omat makronsa, jotka käsittivät kaikki peruskokoonpanojen sivut. Peruskokoonpanolla tarkoitetaan kokoonpanoa, jossa ei ole yhtäkään optiota. Tällä ratkaisulla havaittiin kuitenkin muutama ratkaisua vaativa haaste.

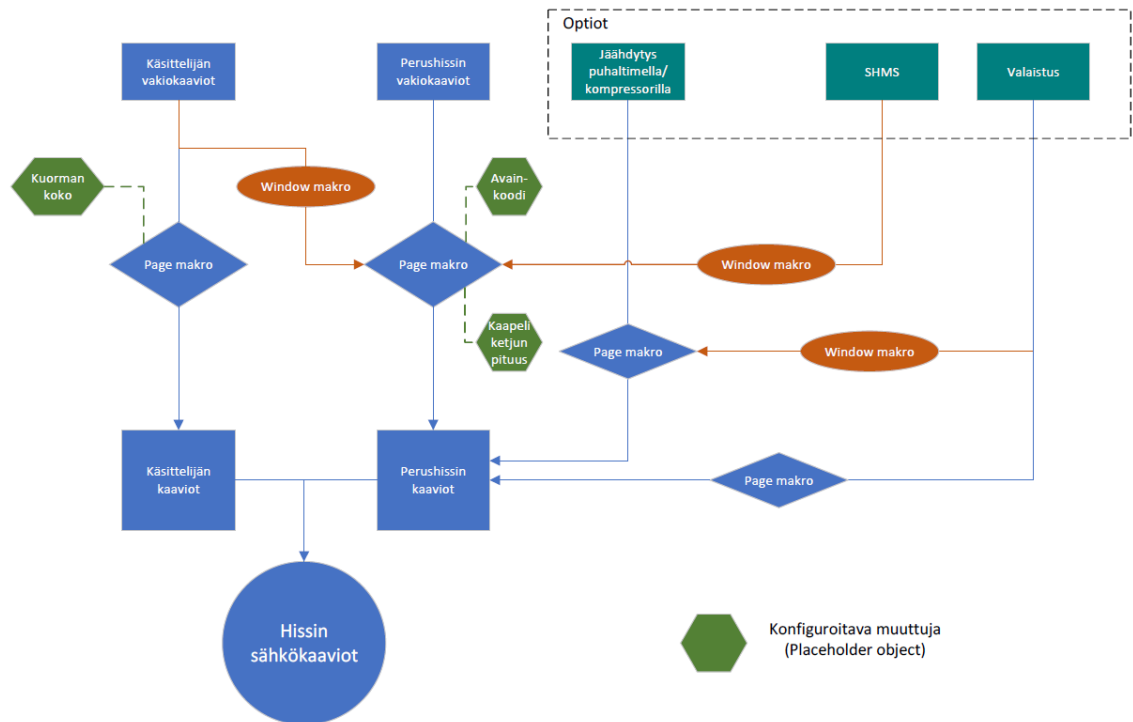
Ensimmäiseksi, kahdessa käsittelijöistä on yksi anturipari enemmän. Kyseinen anturipari halutaan kuitenkin esittää samalla sivulla toisen vastaavan parin kanssa.

Toiseksi, sekä valaisinoptio, että jäähdytinoptio tuottaa muutoksia piirikaavioihin ja sähkökaapin layout-sivuille. Molemmat näistä optioista on suunniteltu myös jälkiasennettavaksi, ja se täytyy ottaa huomioon myös Cogineer-rakennetta tehdessä.

Kolmanneksi, SHMS-optio lisää jatkokaapeleita perushissin antureille nostokelkkaan.

Nämä kaikki haasteet on mahdollista ratkaista Cogineerilla useammalla eri tavalla. Vaihtoehtoina on käyttää esimerkiksi piirikaavioihin syötettäviä valintojen mukaisia page makroja tai sivuille syötettäviä window makroja.

Cogineerin tutkimisessa hyödynnettiin paljon sekä EPLANin infoportalin Cogineer-osiota, sekä EPLAN Software & Servicen virallista youtube-kanavaa, josta on löydettävissä esittely- sekä opetusvideoita Cogineerista.

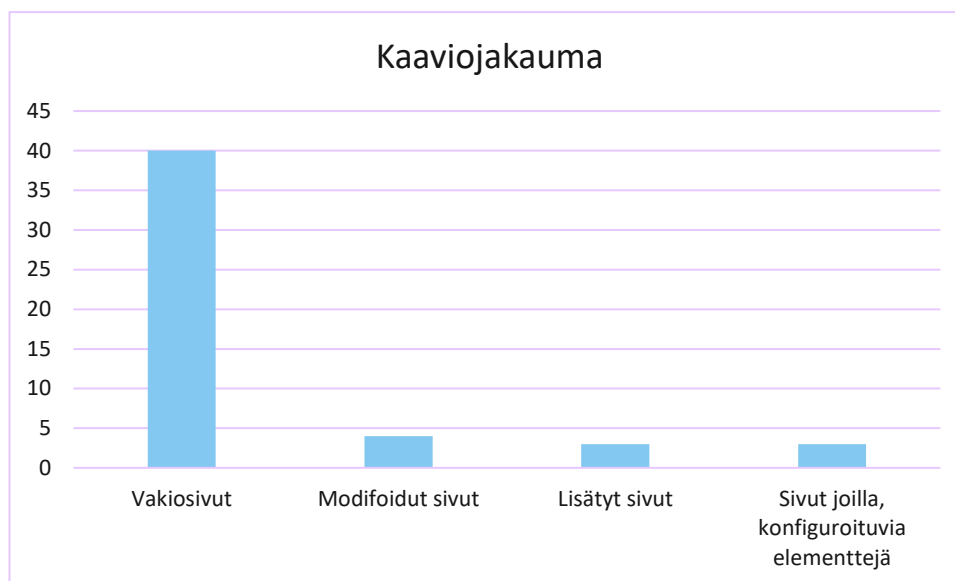


KAAVIO 4. Makroprosessi Cogineerissa.

Tässä tutkielmassa päädyttiin kaavion 4 mukaiseen prosessiin kaavioiden luomiseen Cogineerilla. Suurin osa kaavioiden sivuista tulostuu perushissin ja käsitelijän vakiokaavioista. Jäähdytysvaihtoehdot on toteutettu niin, että vakiokaavioihin lisätään aina jäähdyttimiin liittyvät kaaviot page makroina. Näihin siis sisältyy piirikaaviot, sekä keskus-layout-sivut. Valaistusoptio lisää piirikaavion page makrona, sekä valaisimen graafisen esityksen keskuslayout-sivuille window makrona. Käsitelijätyypin mukaan perushissin kaavioihin lisätään tarvittavat anturit window makroina. Samalla tavalla syötetään myös SHMS-option tarvitsemat jatkokaaapelit.

Page makroista Cogineeriin kulkeutuvat konfiguroitavat muuttujat kuorman koko, avainkoodi ja kaapeliketjun pituus. Nämä saatiin parilla klikkauksella tuotettua page makrojen elementeistä suoraan muuttujiksi Project Builderiin.

Cogineerilla tuotetun kaaviosarjan sivuista n. 85% on ns. vakiosivuja, jotka pysyvät täysin muuttumattomina. Loput 15% jakautuvat eri tavoin konfiguroituvista sivuista kuvaajan 1 mukaan.

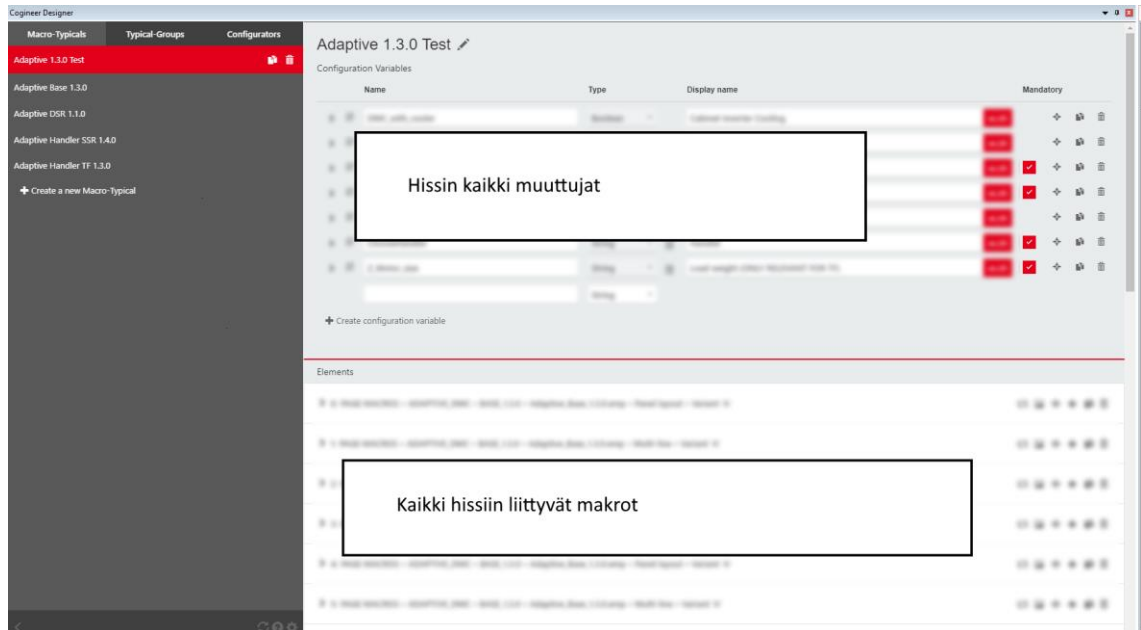


KUVIO 1. Tietoa sivuista valmiissa kaaviosarjassa.

Ensimmäisissä kokeiluissa kaikki hissiin liittyvät makrot laitettiin Cogineerissa saman macro-typicalin alle. (Kuva 12) Tämä tuntui aluksi johdonmukaiselta, koska puhutaan kuitenkin yhdestä tuotteesta. Perushissin, optioiden ja käsittelijöiden väliset riippuvuudet oli myös todella helppo käsitellä, kun kaikki makrot olivat samassa rakenteessa. Tässä vaiheessa kappaleessa 5.3.1 esitelty uusi projektirakenne ei ollut vielä saavuttanut lopullista muotoaan, joka myös osaltaan selittää ensimmäisiä valintoja.

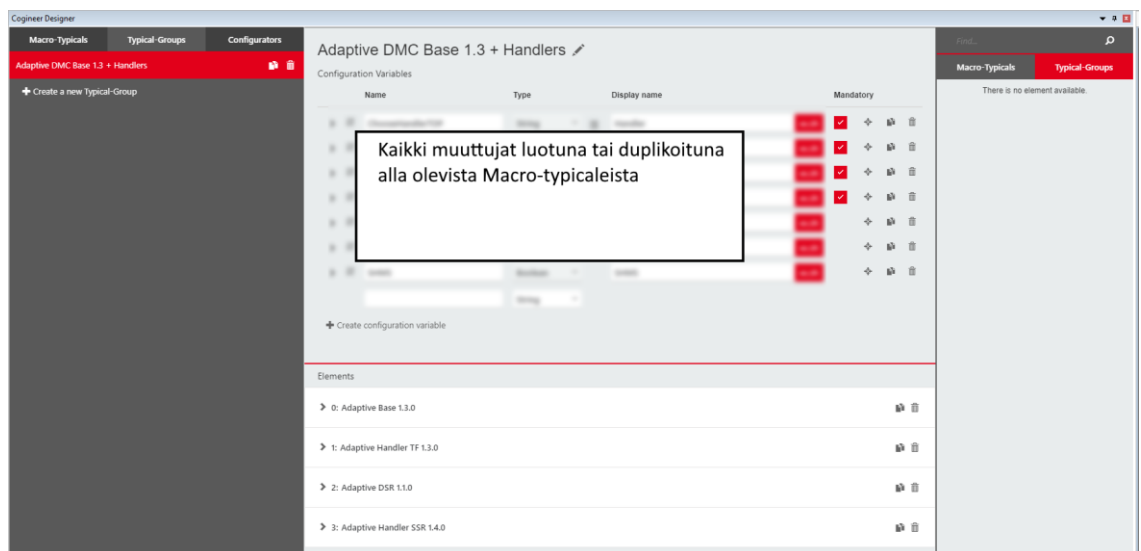
Cogineer-rakenne tuntui toimivalta ensimmäisissä generointitesteissä, mutta kun ajatukset siirtyivät ylläpidettävyyteen, huomattiin muutamia ongelmia. Cogineer tekee käyttöliittymäänsä jostakin syystä useita rivejä sinne syötetyistä makroista. Kun tuotteessa on useita makroja, tämä ominaisuus tuottaa suuren määrän rivejä, joita on vaikea seurata. Tässä vaiheessa huomattiin myös, että pieni muutos käsittelijään voi aiheuttaa koko hissin makrojen uudelleen syöttämisen Cogineeriin.

Kolmantena ongelmana huomattiin, että mahdolliset version lisäyksetkin täytyisi tehdä saman makron alle, paisuttaen sitä entisestään.



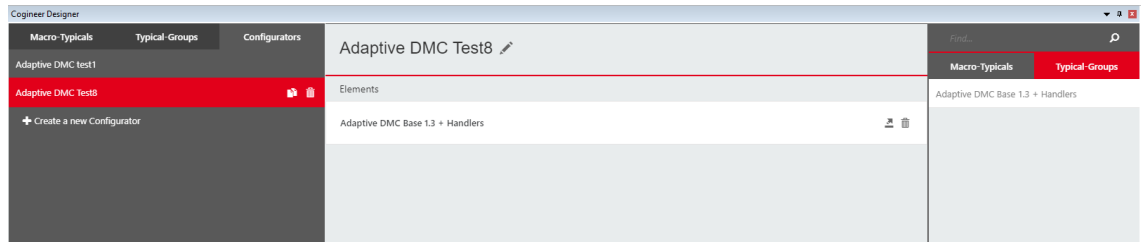
KUVA 12. Ensimmäinen Cogineer-rakenne yksittäisenä Macro-typicalina.

Ratkaisu oli jakaa perushissi ja käsittelijät myös Cogineerissa omiin lokeroihinsa kaaviota 3 mukailleen. Tämä onnistui tekemällä jokaisesta erillisestä osiosta Macro-typical ja yhdistämällä ne Typical-groupissa. (Kuva 13) Typical-groupien kanssa työskennellessä on tärkeää huomioida, että jokaisesta macro-typicalin muuttujasta täytyy tehdä duplikaatti Typical-groupin muuttujiin, jos haluaa ne toimiviksi konfiguraattoriin, jossa kyseistä Typical-groupia on käytetty. Tämä sama toiminto mahdollistaa myös saman muuttujan käytön useassa eri Macro-typicalissa.



KUVA 13. Cogineer-rakenne Typical-groupina.

Lopuksi luotiin uusi konfiguraattori, johon juuri valmisteltu Typical-group syötettiin. (Kuva 14)



KUVA 14. Valmis tuotekonfiguraattori Adaptive-hissille.

Kaiken kaikkiaan Cogineer Designer osoittautui hyvin johdonmukaiseksi ja toimivaksi ohjelmaksi, kunhan ensin ymmärrys tämän lisäosan toiminnoista ja logiikasta saatiin riittävälle tasolle.

Erikoisena, ehkä kummastuttavimpana ominaisuutena voidaan mainita se, että yksi page makro tulostuu useammaksi riviksi Cogineeriin. (Kuva 15) Tämä ilmeisesti johtuu useammasta mounting sitesta ja/tai useammasta sivutyypistä sivumakron alla. Jokaisen rivin alla oli kuitenkin kaikki kyseiseen makroon liittyvät muuttujat. Voi toki olla, että kyseessä on toiminto, jonka tarkoitus ei vain tutkijalle auennut. On myös mahdollista, että ominaisuus on korjattu uudemmassa versiossa.



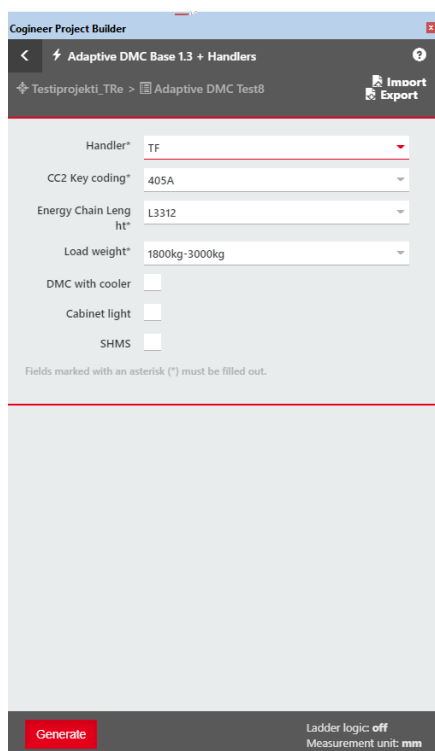
KUVA 15. Esimerkki yhden page makron näkyvyydestä Cogineerissa

5.3.3 Cogineer Project Builderin testaus

Project Builderia täytyi käytännössä testata samanaikaisesti Cogineer Designerin kanssa aina, kun Designeriin tehtiin muutoksia. Kaikki luodut kaaviot käytiin läpi eri valinnoilla, jotta voitiin varmistua siitä, että macrot toimivat odotetulla tavalla. Kuten aikaisemmin mainittiin, Cogineeria voidaan käyttää monilla eri tavoin ja yleensä haluttuun lopputulokseen päästään tavalla tai toisella.

Project builderin testauksessa ilmeni myös joitakin selittämättömiä ongelmia. Esimerkiksi piirikaaviosta tehtyä window makroa ei onnistuttu syöttämään tiettyihin koordinaatteihin valitulle sivulle ollenkaan, vaan se tulostui sivun laitaan koordinaateista riippumatta. Graafisilla layout-sivuilla vastaavaa ongelmaa ei ollut, vaan window makro tulostui juuri sinne minne määrättiin.

Project builderin käyttöliittymä on selkeä, eikä ”ruuhkaudu”, kuten Designerin käyttöliittymä. (Kuva 16)



KUVA 16. Project builderin testikäyttöliittymä Adaptive DMC:n kaavioiden luomiseen.

6 VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Cogineerin käyttöönoton helppous riippuu paljon siitä, onko tuote jo valmiiksi suunniteltu Cogineerin käyttöä silmällä pitäen. Varsinkin, jos halutaan Cogineerin tuottavan lähes valmiita dokumentaatioita, voi olemassa olevan tuotteen sähködokumentaation muokkaaminen ja soveltaminen Cogineeriin tuottaa erittäin paljon työtä saavutettuun hyötyyn nähden. Työn tutkimusten perusteella voidaan suositella, että Cogineerin käyttöönotto on järkevää juurikin isomman versiopäivityksen tai uuden tuotteen kohdalla. Myös valmiit tuotteet, joissa ei ole juurikaan varioitumista, on helppo ottaa käyttöön Cogineerissa.

6.1 Soveltaminen

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Cogineer on soveltuva modulaarisen tuotteen sähkökaavioiden tuottamiseen. Varmasti parhaimmillaan se on isomman laitekokonaisuuden suunnittelussa, jossa useita eri tuotteita modulaarisesta tuoteperheestä.

Jotta Cogineeria voidaan tehokkaasti hyödyntää modulaaristen tuotteiden kohdalla, tarvitsee se tuekseen moduulirakenteen ja funktionaalisen rakenteen. Näiden pohjalta pystytään rakentamaan tarvittava makrokirjasto tuotteelle.

Testatessa Cogineerin ominaisuuksia erilaisilla makrokokoonpanoilla huomattiin, että on erittäin tärkeää, että makroja luodessa Cogineerin käyttöön, niiden ”käytös” kirjataan muistiin. Cogineerin heikompia ominaisuuksia on esitystapa, jolla makrot käyttäjälle näytetään. Jonkinlainen infokenttä, joka esimerkiksi kaiuttaisi EPLANista jo löytyvän makron infokentän näkyviin voisi olla paikallaan. Toisaalta Cogineeria käyttäessä tuli monesti myös tarve kirjata muita tietoja ylös, ja tällä hetkellä ainoa tapa siihen on erillinen dokumentti.

Kuten aikaisemmin mainittu, helpointa Cogineer on varmasti ottaa käyttöön uuden tuotteen kohdalla, koska silloin tuotteen kaavioiden sivurakenne ym. voidaan

jo ennalta rakentaa Cogineeria paremmin tukeviksi. Hyvin toimivan makroprojektin rakentaminen on kohtuullisen työläs prosessi, ja se vaatii runsaasti aikaa pieninkin, varioituvan tuotteen kohdalla. Tuotteiden kohdalla on siis tarpeen arvioida, että saavutetaanko makroprojektilla haluttuja etuja kohtuullisella panostuksella.

Adaptive DMC:n makroprojektin suhteen voidaan testien jälkeen todeta, että se kaipaa edelleen hiomista. Esimerkiksi vaihtoehtoiset sivut voi olla paras toteuttaa vakiokaavioissa olevilla tyhjillä tai puolityhjillä sivuilla, joille eri vaihtoehdot tuodaan window makrona. Nyt testatussa makroprojektissa käytettiin sivumakroja sekä window makroja toteuttamaan samankaltaisia toimintoja. Testatessa huomattiin myös selkeä tarve tehdä kaavioihin optiosivu, johon Cogineer luo merkin aina kun tietty optio valitaan mukaan kaavioihin. Tämä on helposti toteutettavissa window makroja käyttämällä.

6.2 Ylläpidettävyys

Tilaajayrityksessä sähkökaavioiden makrot on talletettu PDM-järjestelmään, josta ne on haettu projekteille. Tuotteiden päivitykset ja muutokset on tehty tuotekohtaisille EPLAN-projekteille, joista makrot on viety PDM-järjestelmään. PDM-järjestelmässä makrot ovat lukitussa tilassa, suojattuna esimerkiksi vahingossa tehdyltä muutokselta.

Cogineerin laajempi käyttöönotto aiheuttaisi tähän toimintamalliin muutoksen. Cogineer pohjaa toimintansa täysin makrokirjastoon, eli makroprojektiin. Makrokirjaston makrot ovat talletettuna tavallisina tiedostoina verkkolevylle tavallisiin kansioihin. Makroprojektin voi EPLANissa laittaa kirjoitussuojatuksi, mutta ko. toiminto ei estä muuttamasta tai tuhoamasta makrotiedostoja verkkolevyllä. Makroprojektin käyttö on siis esimerkiksi tahattomien muutosten kannalta turvattomampi vaihtoehto, kuin PDM-järjestelmän käyttö.

Toki EPLANilla on olemassa erilaisia PDM-yhteenliittymiä, ja jonain päivänä voi nykyisen kaltainen toimintamalli olla mahdollinen. Tällöin makrojen hakeminen Cogineeriin tai Cogineerin kaltaiseen lisäosaan tehtäisiin PDM-liittynnän kautta.

Yksi ylläpidettävyyteen liittyvä ongelma muodostuu makroprojektin erikoisesta ominaisuudesta. Makroprojektissa eivät EPLANin tavalliset sijaintiviittaukset toimi. Jokaiselle makroprojektissa olevalle tuotteelle täytyy siis olla olemassa aina myös toinen projekti, joko yhteinen tai erillinen, jota käytetään itse suunnitteluun. Ilman sijaintiviittauksien näkyvyyttä suunnittelu tai muutosten tekeminen on hankalaa.

Yhtenä esimerkkinä eduista ylläpitoon liittyen voidaan mainita, että Cogineerin Typical-groupia olisi mahdollista käyttää siten, että yhden Typical-groupin alle syötetään vain yhteensopivia makroja. Testatussa makro-kokoonpanossa esimerkiksi on vain Adaptive DMC:n perushissin versio 1.3 ja sen kanssa yhteensopivat käsittelijäversiot. Tämä ominaisuus tukisi modulaaristen tuotteiden hallintaa.

Joka tapauksessa tuotteiden tehokas ylläpito vaatisi tutkimuksen pohjalta moduulirakenteen ja funktionaalisen rakenteen ylläpidon lisäksi tuotekohtaisten suunnitteluprojektien sekä makroprojektin ylläpitämisen.

Cogineerin käyttöönotto tilaajayrityksessä siis toisi tuotehallintaan ylläpidon kannalta joitakin haasteita, mutta myös joitakin etuja.

6.3 Suunnittelu-aika

Vaikutuksia suunnittelu-aikaan tutkittiin luomalla Adaptive DMC:n sähkökaaviot Cogineerilla testiprojektille kahdella eri tavalla. Luontiajat mitattiin molemmissa tapauksissa viisi kertaa.

Ensimmäisessä tavassa käytettiin Cogineeria niin, että makrot olivat talletettuna verkkolevyllä, ja Cogineerilla luotiin kaaviot verkkolevyllä olevalle projektille.

Toisessa tavassa makrot olivat myös verkkolevyllä, mutta Cogineerilla luotiin kaaviot työssä käytetyn työaseman omalle SSD-levylle.

Sellaista tapausta, jossa makrotkin olisivat tietokoneelle talletettuna, ei nähty tarpeellisena, koska makrot tilaajayrityksessä pidetään aina verkkolevyillä ja PDM-järjestelmässä, joka sekin tallettaa verkkoon.

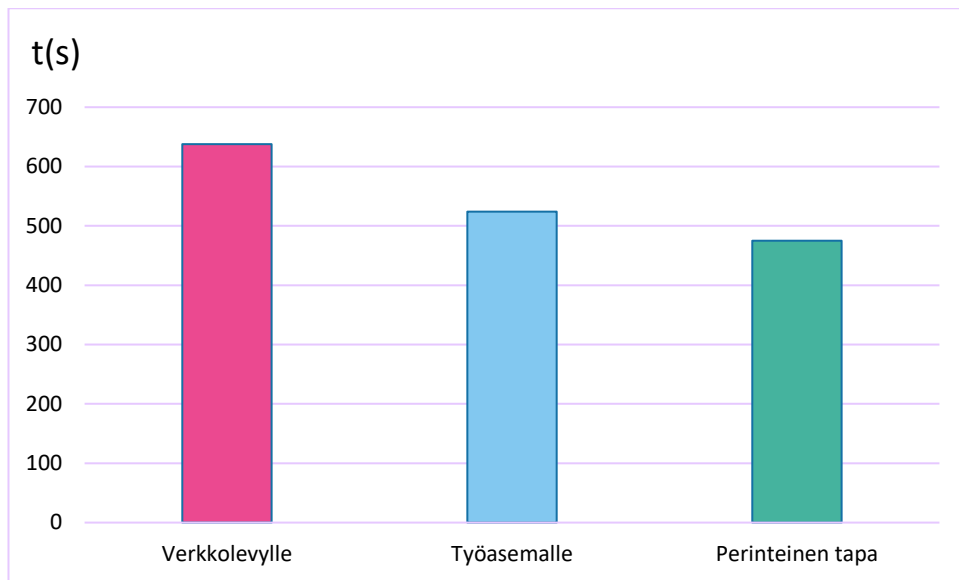
Vertailun vuoksi kaaviot tehtiin myös nykyisellä tavalla, eli makrot haettiin PDM-järjestelmästä, syötettiin EPLANIin projektille, jonka jälkeen tehtiin projektikohtaiset muutokset kaavioihin.

Testaushetkellä työasema oli yrityksen verkkoon yhteydessä VPN-yhteyden kautta.

TAULUKKO 1. Mitatut hissien kaavioiden luontiajat Cogineerilla minuuteissa ja sekunneissa.

Verkkolevyille	Työasemalle
11:05	8:35
9:50	8:54
11:03	8:27
9:56	8:55
11:15	8:49

Yllä on esitetty taulukko 1:ssä kaavioiden luomisajat Cogineerilla. Perinteisellä tavalla kaaviot saatiin luotua n. 7 minuutissa ja 55 sekunnissa, eli käytännössä nopeammin, kuin Cogineerilla testaushetken kokoonpanolla. Aika on esitetty pylväsdiagrammina kuviossa 2.



KUVIO 2. Kaavioiden luomiseen kuluva aika sekunteina.

Mittausten perusteella voidaan todeta, että itse projektisuunnittelun hissiosuuden aika saattaa jopa pidentyä, jos Cografin ottaa käyttöön. Toki mittaustilanteessa oli käytössä VPN-yhteys, joka saattaa hidastaa Cografin toimintaa.

On todennäköistä, että kaavioiden luontiaika ei ole lineaarinen suhteessa luotujen kaavioiden määrään. Aikaan vaikuttaa lyhentävästä myös varmasti se, jos käytetään samaa makroa useamman projektin alikokoonpanon kaavioiden luomiseen.

7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutustua EPLAN-suunnitteluohjelman Cogineer-lisäosaan, tutkia sen ominaisuuksia ja soveltuvuutta modulaarisen tuotteen kaavioiden tuottamiseen. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa vertailupohjaista tietoa Cogineerin tarjoamien työkalujen vaikutuksista verrattuna tilaajayrityksen perinteiseen toimintatapaan.

Tavoitteet saavutettiin hyvin. Cogineer todettiin toimivaksi lisäosaksi kaavioiden tuottamiseen tietyissä olosuhteissa. Cogineer joko vaatii kattavan, olemassa olevan makrokirjaston, tai sille pitää vartta vasten luoda sellainen, jotta siitä saadaan tehokkaasti hyöty irti. Parhaimmillaan Cogineer on varmasti hyödynnettyä uuden tuotteen tai tuoteperheen kanssa, koska makrokirjasto voidaan luoda silloin Cogineerin ominaisuudet huomioon ottaen.

Tämä työ rajattiin tiukasti modulaariseen Adaptive DMC-tuotteeseen, mutta Cogineerissa on mahdollista potentiaalia tilaajan koko tuoteperheen kaavioiden täydelliseen tai osittaiseen tuottamiseen. Esimerkiksi Fastemsin MLS-järjestelmässä on monesti toistuvia osuuksia, jotka voitaisiin tuottaa Cogineerilla valitsemalla lukumäärä perinteisen "copy-paste"-toiminnon sijaan.

Tämä työ myös osoitti, miten tärkeää on modulaarisen tuotteen kohdalla määrittellä moduulirakenteen ohella myös tuotteen funktionaalinen rakenne. Sähkösuunnittelun ja varsinkin Cogineerin käytön näkökulmasta funktionaalinen rakenne määrää, missä järjestyksessä kaavioita luodaan ja millä ehdoin.

Ajankäytön suhteen tämän työn mittaukset osoittivat, että itse projektisuunnittelussa Cogineer voi olla jopa hitaampi, kuin makrojen syöttäminen manuaalisesti EPLAN-projektille. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että oikeanlaisissa olosuhteissa kaaviot saadaan luotua nopeammin. Lisäksi on todennäköistä, että isommissa kokonaisuuksissa, joissa on toistuvia osuuksia, kaavioiden luonti on huomattavasti nopeampaa.

Parhaimpia ominaisuuksia, jonka työn tekijä huomasi tutkimuksissaan, on kuitenkin se, että Cogineer ei tee virheitä, kun se on konfiguroitu oikein. Cogineeria voitavallaan verrata perinteiseen teollisuusrobottiin. Jos ajatellaan ihmistä ja robotia, ihminen saattaa pystyä suoriutumaan yksittäisestä työtehtävästä nopeammin, mutta robotti pystyy tekemään jatkuvaa työtä tasaisella nopeudella ja tasaisella laadulla. Tämä sama pätee Cogineeriin. Mutta vaikka Cogineer tekee itse työn, niin vaaditaan kuitenkin vielä ihminen asettamaan sen parametrit. Kiihtyvä tekoälykehitys saattaa tosin muuttaa tämänkin asian jo lähivuosina. Mutta ei ihan vielä.

LÄHTEET

Baldwin, C. Y. & Kim B. Clark, Kim 2000. Design Rules, Volume 1: The Power of Modularity. MIT Press.

Erixon, G. 1998, "Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation", Dissertation, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

EPLAN Cogineer infoportal, Luettu 30.11.2020

https://www.eplan.help/en-us/Infoportal/Content/Cogineer/2.9/Cogineer_help.htm

EPLAN Software & Service, Youtube-kanava. Katsottu 27.11.2020

<https://www.youtube.com/channel/UCTe85TXXNZLf6j-lwbQgDwA>

Garud, Raghu, 2002. Managing in the Modular Age: Architectures, Networks, and Organizations. Wiley.

Gershenson, J.K., Prasad, G.J., Zhang, Y. 2003. Product modularity: Definitions and benefits. Journal of engineering design, 2003-09, Vol.14 (3), s.295-313. Informa UK Limited

Lehtonen, T. 2007. Designing Modular Product Architecture in the New Product Development. Tampereen teknillinen yliopisto, Julkaisu 713.

Pakkanen, J. 2015. Brownfield Process. A Method for the Rationalisation of Existing Product Variety towards a Modular Product Family. Tampereen teknillinen yliopisto, Julkaisu 1299.

Pakkanen, J., Lehtinen J., Juuti T., Lehtonen, T. 2013. The Module System and its requirements for PDM/PLM systems. Proceedings of the PDM2013 conference. 2013. LUT Scientific and Expertise Publications.