



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Elias Hakkarainen

SmartPlant Electrical suunnittelutoiminto- jen siirtäminen CADMATIC-järjestelmään

Case Teollisuuden Voima Oyj

Tekniikka
2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Elias Hakkarainen
Opinnäytetyön nimi	SmartPlant Electrical suunnittelutoimintojen siirtäminen CADMATIC-järjestelmään: Case Teollisuuden Voima Oyj
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	48
Ohjaaja	Juha Ramsila

Ydinvoimalaitoksen sähkösuunnittelutyö vaatii nykyaikaisia, luotettavia ja vahvasti integroitua ohjelmistoja, jotta suunnittelutyön laatu ja jatkuvuus vastaavat standardeja. Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on käyttänyt Olkiluodon ydinvoimalan sähkösuunnittelussa vuodesta 2008 asti tietomallipohjaista SmartPlant Electrical (SPEL)-sähkösuunnitteluohjelmistoa. TVO:n käyttämä SPEL-versio on vanhentunut ja ohjelman ylläpito vaatii erityisosaamista, minkä vuoksi TVO on päättänyt siirtää suunnittelutoiminnot SPEListä CADMATIC-suunnitteluohjelmistoon. Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli kehittää menetelmä, jonka avulla suunnittelutoiminnot voidaan siirtää varmennetusti SPEL-suunnittelu ympäristöstä CADMATIC-ohjelmistoon käytettäväksi.

Opinnäytetyö on kehittämislouontoinen, koska sen vastuupiiriin ei kuulu suunnittelutoimintojen siirtourakan toteuttaminen, vaan sen työmenetelmän kehitys. Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin tapaustutkimusstrategiaa sekä konstruktivistista tutkimusotetta, jossa reaalielämän ongelma ratkaistiin luovuutta ja innovatiivisuutta hyödyntämällä käyttäen saatavilla olevia tiedonlähteitä. Tuotteena opinnäytetyölle on julkinen opinnäytetyö sekä TVO:lle tuotettava toimintaohje.

Kehitystyön tuloksena on valmistunut menetelmä, jonka avulla voidaan siirtää kaikki tarvittavat tiedot SPELin tietokannasta CADMATICiin luotettavasti ja varmennettavasti, mahdollistaen myös siirrettyjen tietojen hyödyntämisen CADMATICissä piirikaavioiden, yksitiekaavioiden ja keskuslähtö- sekä liitântäluetteloiden automaattisessa generoinnissa.

Avainsanat	Tietokoneavusteinen suunnittelu, tietomalli, SmartPlant Electrical, CADMATIC
------------	--

ABSTRACT

Author	Elias Hakkarainen
Title	Transfer of Electrical Design Systems from SmartPlant Electrical to CADMATIC Case Teollisuuden Voima Oyj
Year	2024
Language	Finnish
Pages	48
Name of Supervisor	Juha Ramsila

The electrical planning of nuclear power plant systems requires modern and strongly integrated software to ensure that the quality and continuity of the resulting systems is up to standard. Teollisuuden Voima Oyj (TVO) has utilized the data model based SmartPlant Electrical (SPEL) electrical planning software in the electrical planning operations at the Olkiluoto Nuclear Power Plant since 2008. The version of SPEL utilized by TVO has since become outdated and requires increasingly demanding expertise to continue its operation, resulting in a decision by TVO to transfer electrical design systems from SPEL to the CADMATIC planning software suite. The purpose of this thesis was to develop a method to transfer electrical design functions from SPEL to CADMATIC, including but not limited to circuit diagrams, single line diagrams and connection lists.

This thesis is of developmental nature as its focus is not on the physical task of transferring the database from SPEL to CADMATIC, but rather only on developing the means to do so. The method of research utilized was that of a case study, where a unique real-life problem was solved using creativity and innovative thinking utilizing available sources of information. The product of the thesis includes the thesis paper along with a set of instructions for TVO.

As a result of the research performed during the thesis, a method was produced which allows for verifiable transfer of information from the SPEL database to CADMATIC in a way that also allows for the automatic production of circuit diagrams, single-line diagrams and load/connection lists in CADMATIC utilizing the transferred database information.

Keywords	Computer-aided design, data models, SmartPlant Electrical, CADMATIC
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

KÄSITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	11
2	TARVEANALYYSI JA NYKYTILAN KUVAUS.....	13
	2.1 SPEL-järjestelmän käyttöönotto	13
	2.2 Nykyiset haasteet.....	14
	2.2.1 SPEL-järjestelmän versio ja päivittäminen.....	14
	2.2.2 SPEL-järjestelmän ylläpito.....	15
	2.3 Suunnittelutoimintojen siirtämisen hyödyt.....	15
3	SUUNNITTELU- JA TIETOJÄRJESTELMIEN TEORIATAUSTAA	16
	3.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu	16
	3.2 Tietokantojen teoriaa	17
	3.3 Tietokantamallit.....	19
	3.4 SmartPlant Electrical (SPEL)	21
	3.4.1 SPEL-järjestelmän rakenne.....	21
	3.4.2 SPEL-järjestelmän apuohjelmat	22
	3.4.3 SPEL-järjestelmän raportit	23
	3.5 CADMATIC.....	23
	3.5.1 CADMATIC-järjestelmän rakenne	23
	3.5.2 CADMATIC Electrical-ohjelman projektipuu	24
	3.5.3 CADMATIC Electrical Database Tool	25
4	KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS.....	27
5	KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOS	28
	5.1 SPEL-tietokannan tietojen siirto CADMATIC-järjestelmään	28
	5.1.1 Tietojen vienti SPELin tietokannasta.....	28

5.1.2	Tietojen tuonti CADMATICin tietokantaan	29
5.1.3	Siirtoluettelo	30
5.1.4	CADMATIC-lisätietokentät	32
5.2	Piirikaaviot	32
5.2.1	Tyypiblokkien mukautus	35
5.2.2	Modulaarisen generoinnin moduuliluettelo.....	35
5.3	Yksitiekaaviot	36
5.3.1	Yksitiekaavio-tyypiblokit	37
5.3.2	Yksitiekaavioiden tyypikuvagenerointi	38
5.4	Keskuslähtö- ja liitântäluettelot.....	39
5.5	Siirrettyjen tietojen varmennus.....	40
5.6	Työvaiheiden raportointi	42
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET	45
	LIITTEET	48

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. SmartPlant-ohjelmien integrointi TVO:n järjestelmässä vuonna 2011 (Maikola, 2011).	13
Kuvio 2. Iteratiivinen kehitysprosessi (Sarcar ja muut, 2008, s. 5).	17
Kuvio 3. CADMATIC-ohjelmiston projektipuu järjestelmittäin ja valitun laitteen tietoja hierarkiassa.	18
Kuvio 4. Esimerkki relaatiotietokantamallista.	20
Kuvio 5. SPEL-ohjelmiston apuohjelmavalikko (Maikola, 2011, s. 8).	21
Kuvio 6. SPELin tietomallin hierarkia (Intergraph, 2007, s. 10).	22
Kuvio 7. CADMATIC 2023 Electrical DB Työkalu.	26
Kuvio 8. Laitosyksikön tietokannan tietojen vienti SPEL-ohjelmistosta SmartPlant Engineering Manager-apuohjelman avulla.	29
Kuvio 9. Tuontimääräyksen luonti CADMATICissä.	30
Kuvio 10. Tyypiblokkien rajausta CADMATIC-esimerkkikuvassa.	33
Kuvio 11. CADMATICin Modulaarinen generointi-ikkuna.	34
Kuvio 12. Yksitekaavioiden tyypiblokkien rajausta.	38
Kuvio 13. CADMATIC Electrical, Luettelot-ikkuna.	40
Kuvio 14. Microsoftin Spreadsheet Compare-apuohjelma vertaamassa kahta taulukkoa.	41
Taulukko 1. Esimerkki flat-file tietokantamallista.	20
Taulukko 2. CADMATIC-attribuuttien nimitykset verrattuna TVO:n nimityksiin (Jokela, 2019, s. 31).	25

LIITELUETTELO

Ei julkisia liitteitä.

KÄSITELUETTELO

SPEL	SmartPlant Electrical; sähkösuunnitteluohjelmisto
SPEL-B	SmartPlant Electrical Basic; SPEL-moduuli
SPEL-D	SmartPlant Electrical Detailed; SPEL-moduuli
SPI	SmartPlant Instrumentation; instrumentointitietokanta
SPF	SmartPlant Foundation; dokumenttien hallintajärjestelmä
CADMATIC	CAD-suunnitteluohjelmisto (mm. sähkö- ja LVI-suunnittelu)
AutoCAD	CAD-suunnitteluohjelmisto
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
OL1/OL2/OL3	Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laitosyksiköt
BWR	Boiling Water Reactor; kiehutusvesireaktori
EPR	European Pressurized Water Reactor; eurooppalainen painevesireaktori
LATU	Laitostietokanta
KKS	Kraftwerk-Kennzeichen-System; OL3-laitosyksiköllä käytössä oleva asennuksien tunnistusjärjestelmä
CAD	Computer-aided design; tietokoneavusteinen suunnittelu
DBMS	Database Management System; tietokannan hallintajärjestelmä
RDBMS	Relational Database Management System; relaatiotietokannan hallintajärjestelmä

ODBMS	Object Database Management System; oliotietokannan hallintajärjestelmä
OODBMS	Object-Oriented Database Management System; oliotietokannan hallintajärjestelmä
SQL	Structured Query Language; relaatiotietokantojen hallintajärjestelmissä yleisesti käytetty kyselykieli
Microsoft Access	Microsoft-yhtiön tuottama relaatiotietokantojen hallintaohjelma
Database	Tietokanta
Database system	Tietokantajärjestelmä
Flat-file database	Tiedostopohjainen tietokantamalli
Syntax	Syntaksi; kielen (usein ohjelmointikielen) merkkien yhdistelyn säännöt
root	(tietotekniikka) juuritiedosto, juuripiste
drw	CAD-tiedostotyyppi (mm. CADMATIC)
dwg	CAD-tiedostotyyppi (mm. AutoCAD)
xml	Extensible Markup Language; merkintäkielistandardi sekä tiedostotyyppi tiedonvälitykseen
pdf	Portable Document Format; sähköisessä julkaisemisessa hyödynnetty yleinen tiedostomuoto
binääritiedosto	vain tietokoneen luettavaksi tarkoitettu tiedosto, joka sisältää tietoa binäärimuodossa eli bitteinä

X-Y-offset	kappaleen sijainnin siirtymä 2D-koordinaatistossa
UPS	Uninterruptible Power Supply; keskeytymätön virransyöttö
VFD	Variable-Frequency Drive; taajuusmuuttaja
tyyppikaavio	Kaavio, joka on generoitu monesta pienemmästä valmiista osasta
tyyppiblokki	Modulaarinen osa tyyppikaaviogeneroinnissa

1 JOHDANTO

Olkiluodon ydinvoimalaitos on Teollisuuden Voima Oyj:n (TVO) omistama Suomen Eurajoen kunnan Olkiluodon saarella sijaitseva ydinvoimalaitos, johon sisältyy kolme laitosyksikköä. Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2) ovat ASEA-Atomin (nykyisin Westinghouse Electric Sweden AB) toimittamia kiehutusvesireaktoreita (BWR) joiden nettosähköteho on kirjoitushetkellä 890 MW per yksikkö (Teollisuuden Voima Oyj, OL1 ja OL2, 2024). Olkiluoto 3 (OL3) on huhtikuussa 2023 käyttöön otettu Areva NP:n ja Siemens AG:n toimittama eurooppalainen painevesireaktori (EPR) jonka nettosähköteho on kirjoitushetkellä 1600 MW. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen nettosähköteho vuonna 2024 on yhteensä 3380 MW, kattaen 30 % Suomen energiatarpeista (Teollisuuden Voima Oyj, OL3, 2024).

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laitosyksiköt ovat sähkötekniisesti monimutkaisia ja laaja-alaisia kokonaisuuksia, joiden huoltamiseen ja ylläpitoon vaaditaan vahvaa osaamista, laadukasta dokumentointia ja vahvasti integroitu suunnittelujärjestelmä. Suunnitteluohjelmisto on keskeisessä osassa voimalayksikön sähkösuunnittelussa: se säilöö tietokannassa sähköpiirrokset, taulukot sekä muut tiedostot, edesauttaa uusien tietojen lisäämistä olemassa olevien joukkoon ja tehostaa olemassa olevan tiedon päivittämistä. Hyvä suunnitteluohjelmisto sulautuu myös muihin laitoksen järjestelmiin kuten laitostietokantaan, edesauttaen tiedon siirtoa laitoksen muille organisaatioille. On tärkeää, että laitoksella käytettävä sähkösuunnitteluohjelmisto on mahdollisimman ajan tasalla ja helposti käytettävissä, koska se vaikuttaa suoraan laitoksen sähkösuunnitteluprosessin tehokkuuteen ja siten myös laitosisyksikön huoltovarmuuteen.

Ydinvoimalaitokset eroavat huomattavasti muista laitosympäristöistä turvallisuus- ja valvontajärjestelyiltään. Laitoksen sisäisiä ja ympäröiviä järjestelmiä valvovat tarkasti useat tahot. Tämä johtuu siitä, että ydinvoimalaitos on häiriöherkkä ympäristö, ja että laitoksella on tärkeä rooli Suomen sähköntuotannossa. Näihin järjestelmiin kuuluvat myös laitosyksiköiden sähköjärjestelmät, joiden ylläpito ja

suunnittelu tulee olla ajan tasalla. Näin voidaan varmistaa sähköjärjestelmien ydinturvallisuuden säilyminen.

Vuodesta 2008 lähtien Olkiluodon ydinvoimalan laitosyksiköiden OL1 ja OL2 sähkösuunnittelussa on hyödynnetty tietomallipohjaista SmartPlant Electrical (SPEL)-sähkösuunnitteluohjelmistoa (Maikola, 2011, s. 7). TVO:n käyttämä versio SPEL-ohjelmasta on nykyään vanhentunut ja ohjelman ylläpito on vaativaa, minkä vuoksi TVO on päättänyt siirtää sähkösuunnittelutoiminnot modernimpaan ja suomessa yleisempään sähkösuunnitteluohjelmistoon CADMATICiin. CADMATIC on jo käytössä Olkiluodon OL3-laitosyksikön sähkösuunnittelussa.

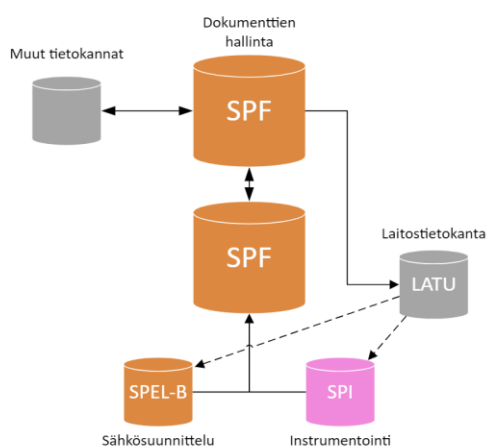
TVO:n päätöksen johdosta on aloitettu tämä opinnäytetyö, jonka tehtävänä on tutkia OL1- ja OL2-laitosyksiköiden pienjännitekojeistojen tiedostojen ja suunnittelutoimintojen siirtoa uuteen järjestelmään sekä kehittää menetelmä, jonka avulla siirtoprosessi voidaan toteuttaa tehokkaasti ja varmennetusti. Työn lopputuloksena on toistettava työohje, jota voidaan hyödyntää siirtämään nykyisiä käytössä olevia toimintoja SPEListä CADMATIC-ympäristöön.

2 TARVEANALYYSI JA NYKYTILAN KUVAUS

2.1 SPEL-järjestelmän käyttöönotto

Olkiluodon ensimmäiset laitosyksiköt OL1 ja OL2 kytkettiin valtakunnan verkkoon vuosina 1978 ja 1980, minkä jälkeen niitä on päivitetty säännöllisesti (Teollisuuden Voima Oyj, 2024). Laitosyksiköiden sähkösuunnitteluprosessi on myös kehittynyt välineistön parantuessa ja fyysisistä kaavioista on siirrytty sähköisiin CAD-suunnitteluohjelmistoihin.

Vuonna 2007 TVO:lle tuli uusi tietomallipohjainen sähkösuunnittelujärjestelmä SmartPlant Electrical, SPEL. Ohjelman kehitti vuonna 2002 alun perin Intergraph, joka on nykyään osa ruotsalaista Hexagon AB:ta. SPEL on vahvasti sääntöpohjainen järjestelmä (Maikola, 2011, s. 7), joka sopii hyvin ydinvoimalaitoksen suunnitteluympäristöön ydinteollisuuden suunnittelutöissä noudatettujen vaatimusten ja standardien vuoksi. TVO:lla oli vuonna 2007 jo käytössä muitakin SmartPlant-ekosysteemin ohjelmia: SmartPlant Instrumentation (SPI; tietokanta instrumentointitiedolle) ja SmartPlant Foundation (SPF; dokumenttien hallintajärjestelmä, johon muut ohjelmat linkittyvät), joiden kanssa SPEL voidaan integroida parantaen ohjelmistojen tehokkuutta (Kuvio 1).



Kuvio 1. SmartPlant-ohjelmien integrointi TVO:n järjestelmässä vuonna 2011 (Maikola, 2011).

SPEL-järjestelmää käytettiin suunnittelussa ensimmäistä kertaa vuonna 2009, kun TVO toteutti PILOTTI-projektin pienjännitekojeistojen modernisoimiseksi OL1- ja OL2-laitosyksiköillä (Maikola, 2011, s. 7). SPEL-ohjelmistosta on olemassa kaksi rinnakkaista moduulia: SPEL Basic (SPEL-B) ja SPEL Detailed (SPEL-D). TVO käyttää SPEL-B (SPEL Basic) moduulia, johon tässä opinnäytetyössä tullaan viittamaan SPEL-lyhenteellä. Nykyään TVO:n SPEL-järjestelmään sisältyy mm. piirikaavioita, yksitiekaavioita, keskuslähtöluetteloita sekä liitântäluetteloita.

2.2 Nykyiset haasteet

2.2.1 SPEL-järjestelmän versio ja päivittäminen

SPEL on ollut käytössä TVO:n sähkösuunnitteluprosessissa yli 15 vuotta. Käyttöiän aikana TVO ja erityisesti TVO:n sähkösuunnittelun organisaatio on todennut kasvavia puutteita SPEL-järjestelmässä. TVO:n käyttämää SPEL-järjestelmän versiota on käyttöönoton jälkeen ajoittain päivitetty uusiin versioihin ja tarvittaessa asennettu HOTFIX-korjauspaketteja, mutta päivitykset on todettu työlääksi johtuen siitä, että ohjelman toiminnot tulee testata päivityksen jälkeen aina uudestaan (J. Maikola, henkilökohtainen viestintä, 12.01.2024). Nyt käytössä oleva SPEL-versio on jo huomattavasti vanhentunut, mikä lisää ongelmien riskiä nyt ja tulevaisuudessa.

Nykyinen TVO:n käyttämä SPEL-versio toimii vain Windows 7 -käyttöjärjestelmällä, jolta on loppunut ominaisuus- sekä turvallisuuspäivitysten tuki jo 14.1.2020 (Microsoft, 2020). Windows 7 -käyttöjärjestelmän lisenssikäytännöt ovat myös muuttumassa, mikä vaikeuttaa SPELin käyttöä lähitulevaisuudessa (Maikola & Suomela, 2023). Uusimpaan SPEL-versioon päivittäminen vaatisi paljon kehitystyötä, koska TVO:n tuottamat erikoistoiminnot ja ratkaisut eivät toimisi uudessa versiossa ja ne pitäisi joko muokata toimiviksi tai luoda kokonaan uudelleen.

2.2.2 SPEL-järjestelmän ylläpito

SPELin ylläpito vaatii käyttäjiltä erityisosaamista, mikä vaarantaa järjestelmän jatkuvuuden erityisesti nykyisen version vanhetessa. Laitoksella on myös harkittu pienjännitekojeistojen vaihtoprojektin jatkamista, ja sen suunnitteluun on toivottu uutta järjestelmää TVO:n sähkösuunnittelun organisaatiossa (Maikola & Suomela, 2023).

Edellä mainituista haasteista johtuen TVO on päättänyt, että sähkösuunnittelun tietomallin ja toimintojen siirto uuteen järjestelmään on tärkeää. Järjestelmäksi on valittu CADMATIC-suunnitteluohjelmisto koska se on moderni ja Suomessa yleinen, lisäksi TVO on todennut sen olevan tehokas. CADMATIC-ohjelmistoa on jo käytetty TVO:lla OL3-laitosyksikön sähkösuunnittelussa, joten järjestelmän käytöstä on olemassa TVO:lla valmiiksi kokemusta.

2.3 Suunnittelutoimintojen siirtämisen hyödyt

Tietomallien ja suunnittelutoimintojen siirto CADMATIC-ekosysteemiin toisi TVO:lle huomattavia etuja nykytilanteeseen verrattuna. Uusien henkilöiden järjestelmään koulutus ja vanhojen työntekijöiden tehokkuus paranisivat huomattavasti modernimmalla järjestelmällä, koska sen käyttöliittymät ovat SPEL-ohjelmistoon verrattuna modernimpia ja uuden järjestelmän ominaisuuksia hyödyntämällä työprosessi kulkisi virtaviivaisemmin. SPEL-järjestelmän alasajo vähentäisi myös yhtiön kuluja ylläpito- ja lisenssimaksujen vähenemisen seurauksena (Maikola & Suomela, 2023).

Ottaen huomioon, että OL3-laitosyksiköllä käytetään jo CADMATIC-ympäristöä sähkösuunnitteluun, samaan järjestelmään siirtyminen myös OL1- ja OL2-laitosyksiköillä edesauttaa kaikkien laitosyksiköiden suunnittelutehokkuutta johtuen yhtenäisestä suunnittelu ympäristöstä ja henkilöstön nopeammin kehittyvästä taitopohjasta CADMATIC-ohjelmiston käytössä.

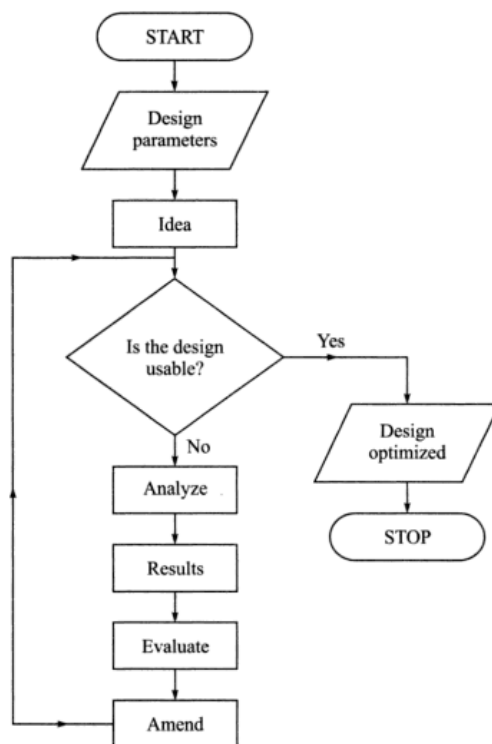
3 SUUNNITTELU- JA TIETOJÄRJESTELMIEN TEORIATAUSTAA

3.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu (eng. Computer-aided design; CAD) tarkoittaa tietokonejärjestelmien hyödyntämistä insinöörien ja arkkitehtien tekemässä suunnittelutyössä, mukaan lukien määrittelyssä, kehityksessä ja esittelyssä (Encarnacao ja muut, 2012, s. 3). Tietokoneiden ja CAD-suunnittelun yleistyminen on ollut vahva käännekohta kaikelle tekniselle suunnittelutyölle, tehostaen työtä moninkertaisesti verrattuna perinteisiin paperipohjaisiin menetelmiin. Tämä tehokkuus saavutetaan mm. parantamalla suunnittelijan tuottavuutta dynaamisen havainnollistamisen avulla, parantamalla tuotteen laatua nopealla iteraatioprosessilla ja kommunikaation tehostamisella digitaalisen dokumentaation avulla (Sarcar ja muut, 2008, s. 4).

CAD-suunnittelu jakautuu yleisesti 2D- ja 3D-suunnitteluun. Tietokoneavusteinen 2D-suunnittelu vastaa perinteisiä suunnittelukuvia kaksiulotteisella digitaalisella arkilla. 2D-suunnittelua hyödyntävät esim. useimmat sähkötekniset kuvat, kuten piirikaaviot, yksitiekaaviot ja luettelot. 3D-mallinnus taas hyödyntää tietokonegrafiikkaa tuottamaan kolmiulotteisen mallin, joka pyrkii vastaamaan oikean maailman tuotteen mittasuhteita ja usein myös fyysisiä ominaisuuksia, kuten massaa, termodynamiikkaa ja muita mallin materiaalien ominaisuuksia.

CAD-suunnittelussa käytettävän mallinnusprosessin perusta on muutoksista huolimatta yhä samankaltainen kuin ennen CAD-ohjelmistojen yleistymistä. Mallinnus on iteratiivinen prosessi (Kuvio 2), jossa luodaan ensin alustava malli lähtötietojen pohjalta ja jota kehitetään eteenpäin uuden tiedon kertyessä (Sarcar ja muut, 2008, s. 5). Tämä prosessi etenee askel kerrallaan, syntyen jonkin ongelman tunnistamisesta ja sen luomasta ratkaisemisen tarpeesta.

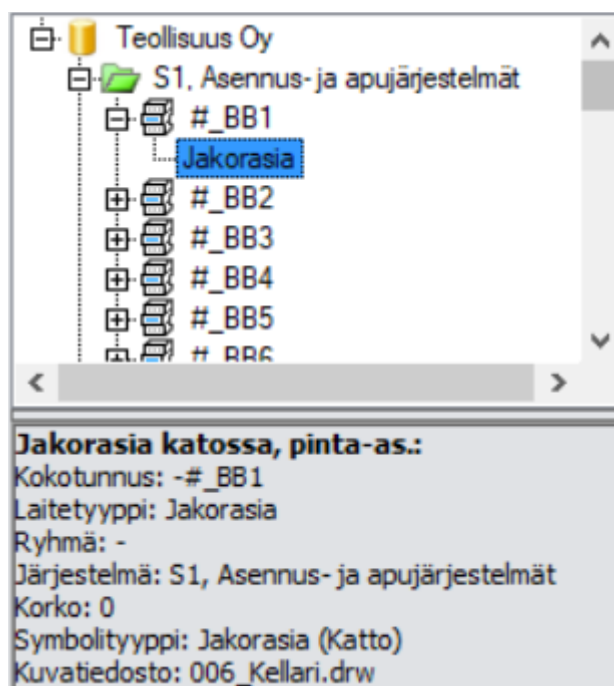


Kuvio 2. Iteratiivinen kehitysprosessi (Sarcar ja muut, 2008, s. 5).

3.2 Tietokantojen teoriaa

Tietomalli on abstrakti käsite, joka kuvaa organisoitua tietoa sekä tiedon osien yhteyksiä toisiinsa. Tietomallit muodostavat pohjan tietokannoille, joissa malli määrittelee miten tallennetut tiedot rakentuvat tietokannan sisällä. Tietokanta on tietotekninen käsite, joka tarkoittaa kokoelmaa dataa tai tietoa joka on suunniteltu tiedon nopeaa tietokoneavusteista hakua varten (Encyclopedia Britannica, 2024).

Tietomalleja ja -kantoja käytetään runsaasti CAD-suunnittelussa, koska se on luonnollinen tapa jäsentää suunnittelutuotteen osia ja ominaisuuksia. Esimerkkinä sähkötekkinen piirros saattaa sisältää monenlaisia komponentteja (symboleja), joilla voi olla erilaisia ominaisuuksia kuten laitepaikka ja kilpiarvot. Nämä symbolit ja niiden ominaisuudet voidaan tietomallipohjaisessa suunnitteluohjelmassa esittää esimerkiksi hierarkkisesti (Kuvio 3).



Kuvio 3. CADMATIC-ohjelmiston projektipuu järjestelmittäin ja valitun laitteen tietoja hierarkiassa.

Tietokantaa hallitaan käyttämällä tietokannan hallintajärjestelmää (eng. Database Management System; DBMS), joka muodostaa tietokannan kanssa täyden tietokantajärjestelmän (Kaava 1) (Chopra, 2010, s. 3). Se toimii tietokannan ja käyttäjän välisenä käyttöliittymänä, jonka avulla käyttäjät voivat hallita, säilöä ja hakea tietoa tietokannasta (Foote, 2021). DBMS:ät käyttävät erilaisia kyselykieliä tietokantojen hallinnoimisessa. Yksi tunnetuimmista kyselykielistä on RDBMS-järjestelmien käyttämä SQL-kieli.

$$\textit{Database} + \textit{DBMS software} = \textit{Database system} \quad (1)$$

DBMS-ympäristö koostuu viidestä eri osasta, jotka vaikuttavat tietokantajärjestelmän toimintaan. (Chopra, 2010, s. 8):

1. **Laitteisto (hardware)**, joka kattaa fyysiset tietokonejärjestelmät, missä tietokantajärjestelmän prosessit tapahtuvat. Tärkeimpiin laitteiston komponentteihin kuuluvat **prosessori** ja **kovalevy**, koska niillä on suurin vaikutus tietokantajärjestelmän suorituskykyyn.

2. **Ohjelmisto (software)**, joka toimii käyttöliittymänä käyttäjän ja fyysisen tietokannan (kovalevyjen) välillä. Ohjelmisto-osa on yhtä kuin Database Management System (DBMS).
3. **Data**, eli itse tieto, joka on säilötyinä tietokannassa. Data on käyttäjän kannalta järjestelmässä keskeisimmässä asemassa, koska koko järjestelmän tarkoitus on säilöä, järjestää ja jakaa dataa.
4. **Käyttäjät**, joita tietokantajärjestelmän käyttöliittymä on tehty palvelemaan. Käyttäjiä on eri tasoisia, mutta yleisimmät ryhmät ovat:
 - a. **peruskäyttäjät**, jotka eivät ole tietoisia järjestelmän sisäisestä toiminnasta ja käsittelevät tietokantajärjestelmää graafisen käyttöliittymän kautta. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi pankkiautomaatin käyttäjät.
 - b. **tehokäyttäjät**, jotka ovat tietoisia järjestelmän sisäisestä toiminnasta ja saattavat käsitellä tietokantaa mm. terminaalipohjaisen käyttöliittymän kautta. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi tietokannan kehittäjät ja ylläpitäjät.
5. **Menettelytavat**, eli tietokantajärjestelmään liittyvät säännöt ja määritelmät, jotka määräävät miten ja kenen tietojärjestelmää saa ja pitää käyttää.

Hallintajärjestelmän hallinnoiman tietokannan mallista riippuen järjestelmästä voidaan käyttää eri lyhenteitä. Esimerkiksi relaatiotietokannan (luku 3.3) kanssa hallintajärjestelmästä käytetään lyhennettä RDBMS (relational database management system) ja oliotietokannan tapauksessa joko ODBMS (object database management system) tai OODBMS (object-oriented database management system).

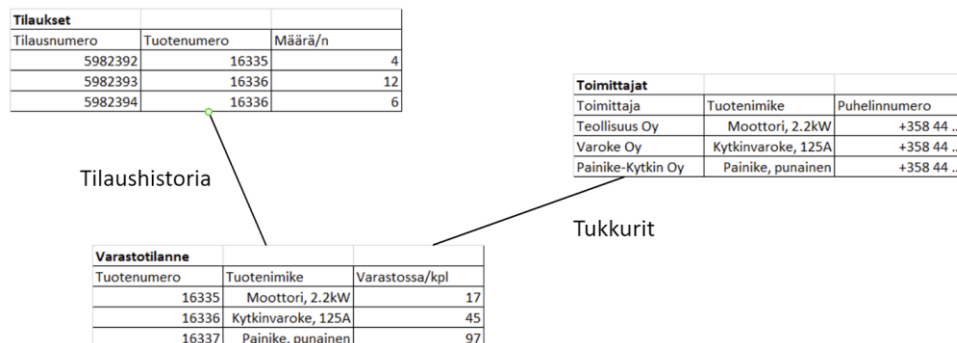
3.3 Tietokantamallit

Tietokannan malli määrittelee, miten tieto on muotoiltu tietokannan sisällä. Aikaisimmat tietokantamallit olivat yksinkertaisia flat-file-malleja, jossa kaikki tiedot seuraavat yhdenmukaista järjestystä eikä mallissa ole mekanismeja tietojen välisen yhteyksien esittämiseen (Taulukko 1).

Taulukko 1. Esimerkki flat-file tietokantamallista.

Indeksi	Tunnus	Tyyppi	Teho
1	M01	Moottori	10 kW
2	M02	Moottori	15 kW
3	G01	Generaattori	100 kW

Tästä yksinkertaisesta tietokantamallista on myöhemmin tehokkuuden nimissä kehitetty monimutkaisempia malleja, kuten hierarkkinen tietokantamalli (MariaDB Foundation, 2020), jossa yhdestä juuripisteestä hajautuu tietopisteitä, verkkomallin tietokanta (MariaDB Foundation, 2020), joka on paranneltu versio hierarkkisesta tietokantamallista ja myös nykyisin erittäin yleinen relaatiotietokantamalli (MariaDB Foundation, 2015), joka oli huomattava askel tietomallinnuksessa, koska se murtautui aiempien mallien isäntä-lapsi tietosuhteesta ja mahdollisti tietojen keräämisen yksittäisiin taulukoihin ja taulukoiden vapaan yhdistämisen toisiinsa (Kuvio 4).

**Kuvio 4.** Esimerkki relaatiotietokantamallista.

Relaatiotietokantamalli on vanhempia malleja raskaampi, minkä vuoksi sitä ei sen kehityksen jälkeen vuonna 1970 heti käytetty mallin eduista huolimatta. Tietokoneiden tehokkuuden eksponentiaalisen kasvun seurauksena relaatiokantamalli on nykyään yleinen tietokantamalli. Esimerkiksi suosittu kyselykieli SQL perustuu relaatiotietokantamallin käsittelyyn.

3.4 SmartPlant Electrical (SPEL)

SmartPlant Electrical (SPEL) on Intergraphin (Nykyään osa Hexagon AB:ta) vuonna 2002 kehittämä tietomallipohjainen sähkösuunnittelu- ja tietokantaohjelmisto. Vuonna 2002 kehitetyn SPEL-ohjelmiston nimeksi muutettiin SmartPlant Electrical Basic (SPEL-B), kun Intergraph osti Siemensin kehittämän SIGRAPH.CAE-järjestelmän, jolle vaihdettiin nimeksi SmartPlant Electrical Detailed (SPEL-D). TVO käyttää SPEL-B:tä, joten opinnäytetyössä käsitellään vain sitä (Maikola, 2011).

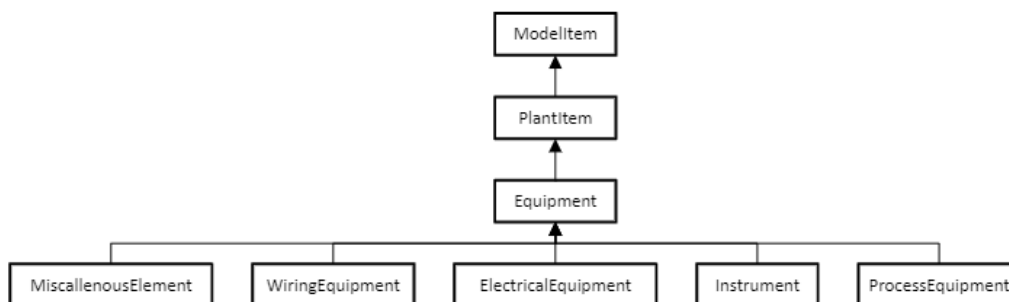
3.4.1 SPEL-järjestelmän rakenne

SPEL koostuu monesta eri apuohjelmasta (Kuvio 5). Aliohjelmilla voidaan vaikuttaa SPEL-ympäristön eri osiin, kuten tuomalla tietoa ulkoisesta tietokannasta, luomalla uusia symboleita tai muuttamalla käyttäjien oikeuksia.



Kuvio 5. SPEL-ohjelmiston apuohjelmavalikko (Maikola, 2011, s. 8).

SPELin tietokanta hyödyntää hierarkkista tietokantamallia (Kuvio 6). Tietokannan juurena on ModelItem -malliluokka, josta haarautuu PlantItem -laitosmalliluokka, joka kuvaa voimalaa kokonaisuudessaan. Juuresta haarautuu Equipment -malliluokka, joka kuvaa voimalassa sijaitsevaa laitetta tai laitteistoa, josta haarautuu taas eteenpäin erilaisia alaluokkia laitteille, kuten ElectricalEquipment -alaluokka sähkölaitteille ja WiringEquipment -alaluokka kaapeloinnille.



Kuvio 6. SPELin tietomallin hierarkia (Intergraph, 2007, s. 10).

3.4.2 SPEL-järjestelmän apuohjelmat

SPELin tärkeimpiin apuohjelmiin kuuluvat:

1. **Catalog Manager**, jonka avulla voidaan luoda symboleja, joita voidaan viedä SPELin tietokantaan ja siten hyödyntää suunnitteluprosessissa. Symboli lisätään ohjelmassa tietokannan ryhmään (esimerkiksi katkaisija), minkä jälkeen symboliin voidaan lisätä ryhmään liittyviä makroja. Makrojen tilalle ohjelma asettaa suunnitteluvaiheessa makrossa määritellyn tyyppin mukaan arvon, joka voi olla esimerkiksi laitteen tunnus tai kilpiarvo.
2. **Data Dictionary Manager**, jonka avulla voidaan muokata itse tietomallia eli luoda uusia tietolistoja ja yhteyspisteitä eri tietojen välille.
3. **Filter Manager**, jonka avulla voidaan määrittää ja hallinnoida suodattimia ohjelmistossa. Suodattimien avulla voidaan rajoittaa näkymää tietokannassa tiettyihin esineisiin, jotka vastaavat valitun suodattimen asetuksia.
4. **Format Manager**, jonka avulla voidaan määrittää ja hallinnoida ohjelmiston käyttöä varten mittayksiköitä ja tunnuksia (esim. sähköiset mittayksiköt kuten voltti tai ampeeri).
5. **Reference Data Synchronization Manager**, jonka avulla voidaan vertailla laitosten välisiä referenssitietoja
6. **SmartPlant Engineering Manager**, jonka avulla hallinnoidaan koko SPEL-suunnittelu ympäristöä. Tämä merkitsee esimerkiksi TVO:lla koko laitosrakenteen hallinnoimista.

7. **Options Manager**, jonka avulla voidaan hallinnoida laitoksen asetuksia.
8. **Import Manager**, jonka avulla voidaan tuoda ulkoisia tietoja tietokantaan.
9. **Rule Manager**, jonka avulla voidaan luoda ja hallinnoida sääntöjä SPEL-järjestelmän sääntöpohjaisessa ympäristössä.
10. **SmartPlant Electrical**, SPELin varsinainen suunnitteluympäristö.

3.4.3 SPEL-järjestelmän raportit

SPEL-järjestelmässä on mahdollisuus luoda raporttipohjia, joihin järjestelmän voi saada tuottamaan tietoja tietokannasta. Raporttiin voidaan lisätä tietokantatageja, joiden perusteella luettelon soluihin listataan tietoja raportin generoinnin aikana. SPELin raportointiominaisuus on erittäin hyödyllinen työkalu mm. tietokannan keskuksien, kaapeleiden ja laitteiden tietojen siirtämisessä ulos ohjelmasta.

3.5 CADMATIC

CADMATIC Oy on suomalainen yhtiö, jonka emoyhtiönä toimii Elomatic Oy. Yhtiö on "suomalainen digitaalisten ja älykkäiden 3D-pohjaisten suunnittelu- ja tiedonhallintaohjelmistojen kehittäjä meri-, laitos- ja rakennusteollisuudella", jonka "ratkaisuja käytetään erilaisten laivojen, rakennusten ja prosessilaitosten rakentamiseen." (CADMATIC Oy, 2024). CADMATIC on CADMATIC Oy:n tuottama ja markkinoima tietomallipohjainen suunnitteluohjelmisto.

3.5.1 CADMATIC-järjestelmän rakenne

CADMATIC on yleinen suunnitteluohjelmisto, joka koostuu monesta eri ohjelmasta eri tarkoituksiin (CADMATIC Oy, 2024). Ohjelmat on jaettu kolmeen ryhmään: Marine, Process & Industry ja Construction, joista tälle työlle oleellinen ryhmä on Construction. Ryhmän ohjelmiin kuuluu CADMATIC Electrical (sähkösuunnittelu), CADMATIC HVAC (LVI-suunnittelu) ja CADMATIC Building (rakennussuunnittelu). Koska projektissa käsitellään sähkötekniisiä aineistoja, hyödynnetään CADMATIC Electrical -ohjelmaa.

CADMATIC Electrical ohjelmasta on saatavilla kolme eri versiota: CADMATIC Electrical Lite, CADMATIC Electrical Basic ja CADMATIC Electrical Premium (CADMATIC Oy, 2024). CADMATIC Electrical Premium mahdollistaa vaihtoehtoista laajimman toiminnallisuuden. Se on myös käytössä TVO:n suunnittelutyössä OL3-laitosyksiköllä sekä tässä opinnäytetyössä.

Ohjelman tietokantoja voidaan hallita joko suoraan Microsoft Access-tietokantakäsittelyohjelmalla tai käyttäen CADMATICin oman käyttöliittymän DB-työkalua (luku 3.5.3). Voidaan päätellä, että CADMATIC Electrical hyödyntää relaatiotietokantamallia, koska Microsoft Access on tehty vain relaatiotietokantojen käsittelyä varten.

3.5.2 CADMATIC Electrical-ohjelman projektipuu

CADMATIC Electrical -projektissa keskeinen on projektipuu, joka sisältää projektin kaikki kuvat ja symbolit sekä niiden tiedot. Projektipuun sisältämiä tietoja muokattaessa CADMATIC päivittää automaattisesti kaikki kuvat, joissa tiedot ovat muuttuneet (Jokela, 2019). Projektipuussa tietokannan esineet voidaan esittää ja lajitella eri ominaisuuksien mukaan. Laitteet voidaan esimerkiksi esittää piirin tai sijainnin mukaan. CADMATICissä kaikilla laitteilla on sijainti, joka koostuu kokonaisuustunnuksesta, sähköpositiosta ja laitteen tunnuksesta muodossa ”=xxx+yyy-zzz”. Projektipuussa voidaan myös esittää muita tietokannan esineitä, kuten dokumentteja.

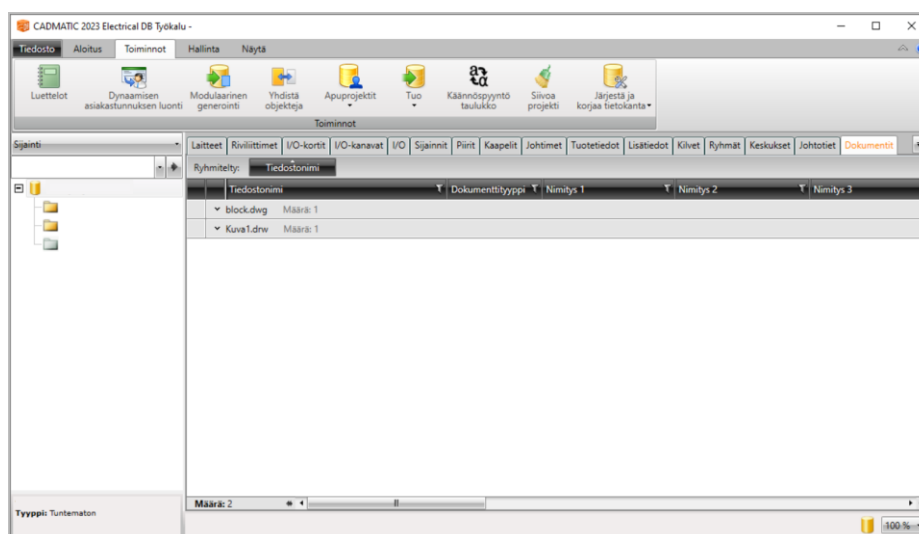
On huomioitava, että CADMATIC käyttää eri nimityksiä TVO:n järjestelmiin verrattuna. Tämän vuoksi tietoja siirrettäessä nimityksiä voidaan joutua tekemään uudestaan, jotta termistö sopii CADMATIC-ympäristöön (Taulukko 2):

Taulukko 2. CADMATIC-attribuuttien nimitykset verrattuna TVO:n nimityksiin (Jokela, 2019, s. 31).

CADMATIC-attribuutin nimitys	TVO:n vastaava nimitys
Kokonaisuus	Järjestelmä (=)
Sähköpositio	Laitepaikka (+)
Sijainti	Kokonaisuus, joka muodostuu kahdesta ensimmäisestä osasta (=+)
Työnumero	Projektitunnus

3.5.3 CADMATIC Electrical Database Tool

CADMATIC Electrical -projektin ytimessä toimii relaatiotietokanta, jonka ylläpitämiseen ja muokkaamiseen on luotu CADMATIC Electrical DB Työkalu -aliohjelma. DB Työkalun avulla käyttäjä pystyy mm. viemään ja tuomaan tietoa tietokantaan Excel-tiedostojen avulla, generoimaan uutta tietoa ja käsittelemään olemassa olevan tiedon rakennetta ja metatietoa.



Kuvio 7. CADMATIC 2023 Electrical DB Työkalu.

Työkalun Toiminnot lehdellä on saatavilla erilaisia tietokannan käsittelyyn tarkoitettuja toimintoja (Kuvio 7). Tämän opinnäytetyön kannalta tärkeimmät toiminnot ovat:

- **Luettelot;** joiden avulla voidaan tehdä projektin tietokannasta raportteja sekä lisätä käyttäjän omia raporttipohjia.
- **Modulaarinen generointi;** jonka avulla käyttäjä voi luoda valmiista kuvista uusia kuvia hyödyntämällä Excel-listoja. Modulaarisella generoinnilla voi myös luoda uusia kuvia monesta pienemmästä kuvasta.
- **Tuo;** jonka avulla projektiin voidaan tuoda ulkopuolisia tietoja joko muista CADMATIC-projekteista tai Excel-listoista tekemällä ns. tuontimäärittäyksiä. Tuontimäärittäykset määräävät, mitä CADMATICin projektin tietokannan kenttää mikäkin tuotavan ulkopuolisen Excel-listan kenttä vastaa.

Työkalun Hallinta -lehdeltä löytyy myös lisää työkaluja, joilla voi hallita tietokannan tietoja. Esimerkiksi Lisätiedot -toiminnolla voi lisätä projektiin omia attribuutteja, joita voi sitten hyödyntää esimerkiksi ylimääräisen tiedon tallettamiseksi Tuo -toimintoa käytettäessä.

4 KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS

Tapaustutkimus on tässä opinnäytetyössä keskeinen strategia. Tapaustutkimuksessa aiheena on jokin erityinen ja uniikki tapaus, joka esittää jonkin tutkimusongelman ja pyritään ratkaisemaan käyttäen aiheeseen liittyviä lähteitä sekä hyödyntämällä luovuutta (Vuori, 2024).

Tapaustutkimuksessa keskeisessä osassa ovat tutkimuksen tukena käytettävät aineistot, kuten havainnot, tilastot ja asiakirjat (Vuori, 2024). Aineistoja tulisi olla mahdollisimman monipuolisesti, jotta tutkija saa tilanteesta selvän kuvan. Tällöin tutkija voi kehittää aineistoja yhdistelemällä ja aineistojen yhdyskohdista johtopäätöksiä vetämällä vahvan ratkaisun tutkimusongelmalle.

Tapaustutkimus -strategia sopii tähän opinnäytetyöhön hyvin, koska:

1. Tapaus ja ongelma ovat uniikkeja; TVO:n sähkösuunnitteluohjelmisto SPEL on vanhentunut ja täytyy selvittää, miten suunnittelutoiminnot siirretään uuteen CADMATIC-järjestelmään.
2. Lähteitä on saatavilla monipuolisesti TVO:n ulko- ja sisäpuolelta. On mahdollista saada yhtiöltä tarkkaa tietoa järjestelmien toiminnasta sekä yleistä tietoa teoriataustasta käyttäen tieteellisiä artikkeleita.

Hyödynnetään myös konstruktivistista tutkimusotetta, joka on tapaustutkimuksen tutkimustapa, jolla "pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja tällä tavoin tuottamaan kontribuutioita sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan" (Lukka, 2001). Tämä tutkimustapa on erityisen sopiva, koska siinä keskitytään tosielämän ongelmiin, joiden ratkaiseminen koetaan tarpeelliseksi ja joka tuottaa konstruktion, jonka tarkoitus on ratkaista alkuperäinen tosielämän ongelma.

5 KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOS

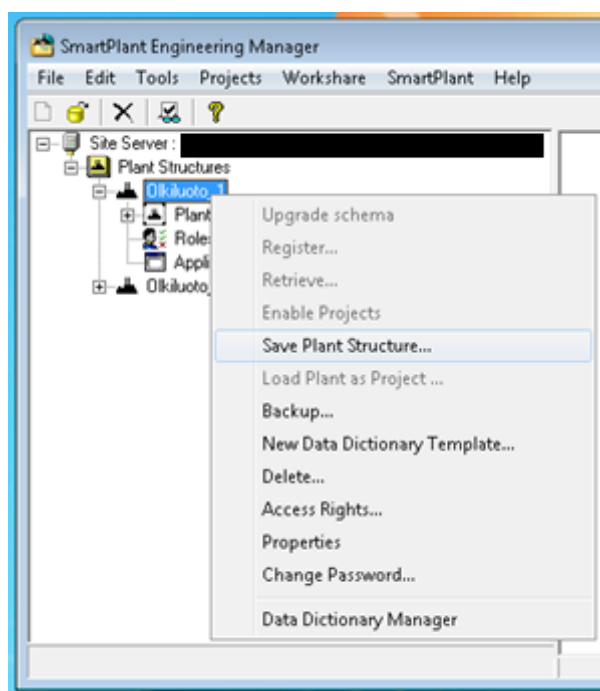
5.1 SPEL-tietokannan tietojen siirto CADMATIC-järjestelmään

5.1.1 Tietojen vienti SPELin tietokannasta

Ensimmäisenä askeleena on selvittää, miten tietoja voidaan tuoda ulos TVO:n nykyisestä SPEL-tietokannasta. Tutkimusta varten on määritelty tietokannassa mallikisko, jonka avulla siirtomenetelmää tutkitaan ja kehitetään. Mallikiskoa ei nimetä tässä raportissa luottamuksellisuuden vuoksi, vaan siihen viitataan vain termillä mallikisko.

Ensisijainen tutkimusongelma tässä vaiheessa on yksinkertaisen vientiominaisuuden näennäinen puute SPEL-ohjelmistossa. SPEL sisältää apuohjelman Import Manager, mikä on tarkoitettu ulkoisten tietojen tuontiin tietokantaan, mutta vastaava ominaisuutta ei alustavassa tutkinnassa ole löydetty tiedon tietokannasta vientiä varten.

Tutinnan jälkeen on löydetty tapa tuoda koko laitousyksikön tiedot ulos SPEL-ohjelmistosta osittain ulkopuolisesti luettavassa muodossa. SmartPlant Engineering Manager -apuohjelman (luku 3.4.2) avulla on mahdollista luoda tiedosto, mikä sisältää kopion koko laitousyksikön tietokannasta valitsemalla valikosta haluttu laitousyksikkö ja sen alavalikosta "Save Plant Structure..." (Kuvio 8). Tämä toiminto luo zip-tiedoston valittuun hakemistoon, mikä sisältää kaikki laitousyksikön tiedostot, mukaan lukien kaikki symbolit (sym-tiedostot), AutoCAD-kuvat (dwg-tiedostot) ja Excel-listat (xls-tiedostot). Tämä tiedon vientitapa ei kata kaikkea tarvittavaa tietoa SPELin ulkopuolella hyödynnettävässä muodossa, mm. laitoksen varsinaista tietokantarakennetta ei saada tätä kautta CADMATICiin suoraan siirrettäväksi.

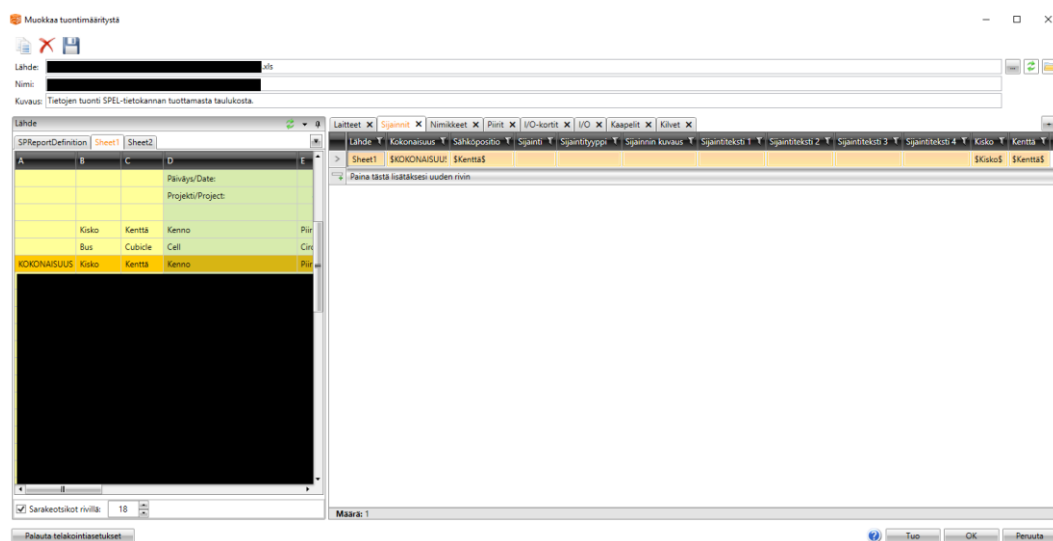


Kuvio 8. Laitosyksikön tietokannan tietojen vienti SPEL-ohjelmistosta SmartPlant Engineering Manager-apuohjelman avulla.

Jotta laitoksen varsinainen rakenne voidaan tuoda ulos tietokannasta CADMATI-Cin käsiteltäväksi, täytyy kehittää toinen tapa tiedon viemiseksi SPEListä. Tähän sopivaksi tavaksi on löydetty SPELin Excel-raportointiominaisuus. Sen avulla voidaan tuoda SPELin tietokannasta lähes mitä tahansa tietokannan tietoa Excel-luetteloon. Voidaan kehittää sopiva luettelopohja, joka rekisteröidään SPEliin. Tuotettua taulukkoa sekä siihen sisältyvää tietoa voidaan sen jälkeen hyödyntää CADMATI-Cissä.

5.1.2 Tietojen tuonti CADMATI-Cin tietokantaan

SPELin raporttitoiminnolla tehtyjä raportteja voidaan hyödyntää CADMATI-Cissä käyttämällä ohjelman Tuo -ominaisuutta CADMATI-C DB -työkalussa. Tuotavalle luettelolle luodaan tuontimääritys, mikä määrää, mitä CADMATI-C-tietokannan tietoa mikäkin tuotavan taulukon solu vastaa (Kuvio 9). Kun tuontimääritys on luotu, voidaan sitä hyödyntää tuomaan valitut tiedot CADMATI-Cin tietokantaan, siinä voidaan esimerkiksi luoda uusia sijainteja, laitteita, kaapeleita ja muita tietoja.



Kuvio 9. Tuontimääräyksen luonti CADMATICissä.

5.1.3 Siirtoluettelo

Paras tapa siirtää tietoa tietokantojen välillä on käyttää SPELin luettelogenerointia, joten siirtotyötä varten työkaluksi kehitetään Excel-siirtoluettelopohja, jonka tarkoituksena on sisällyttää ja tulkita SPELin tuottama tietoa niin, että tieto voidaan siirtää luettelosta myöhemmin CADMATICiin.

Jotta tuotetut luettelot eivät paisuisi liian suuriksi ja jotta virheiden riski vähenisi, rajoitetaan yhden luettelon sisältö yhteen kiskoon kerrallaan (kehityksen aikana mallikiskoon). SPELissä on valmiiksi tehtyjä pohjia sekä oletuksena että TVO:n tekemänä. Käytetään työn siirtoluettelon pohjana TVO:n SPEL-keskuslähtöluettelo, koska se sopii parhaiten kiskon tietojen siirtoon.

SPELissä raporttia generoitaessa voidaan asettaa raportin generoinnille suodin, mikä rajoittaa raportin (tässä tapauksessa keskuslähtöluettelon) sisällön yhteen kiskoon. Generoinnin jälkeen syntyneessä keskuslähtöluettelossa näkyy kaikki kiskon lähdöt sekä lähtöjen kaapelit ja laitteet lajiteltuna kentän mukaan. Oletuskeskuslähtöluettelo ei kuitenkaan ole riittävä kiskon siirtämiseen, vaan siitä tulee

tehdä muunneltu versio, mikä johtuu normaalin keskuslähtöluettelon rajoittuneisuudesta. Esimerkiksi muuntajat, keskeytymättömät virransyötöt (UPS) ja taajuusmuuttajat (VFD) puuttuvat listasta kokonaan.

Generoidussa tiedossa on paljon tietopisteitä, jotka eivät ole CADMATICin tietokenttiin suoraan sopivia. Sen vuoksi käytetään luettelossa runsaasti Excelin algoritmisia ominaisuuksia. Esimerkkinä keskuslähtöluettelossa mallikiskon nimi koostuu järjestelmänumerosta sekä kiskon numerosta. CADMATICin kokonaisuuskenttiin halutaan vain järjestelmännumero, joten numero tulee erottaa mallikiskon nimestä omaan kenttäänsä. Koska mallikiskon oikea nimi on luottamuksellinen, otetaan esimerkiksi kuvitteellinen kiskon nimi X.999A123. Nimessä osio X.999 vastaa järjestelmää, kun taas A123 vastaa kiskon loppuosaa. Excelissä voidaan erottaa solun arvosta tietty määrä merkkejä vasemmalta puolelta lähtien käyttämällä LEFT-funktiota. Koska kiskon nimestä halutaan vain järjestelmännumero, irrotetaan nimestä ensimmäiset viisi kirjainta (olettaen, että kiskon nimen arvo on solussa A1):

$$= LEFT(A1; 5) \quad (2)$$

Toinen esimerkki on kaapeliin kiinnitetyn laitteen kokotunnuksen rakentaminen Excelissä. Olkoon solu A1 järjestelmännumero, B1 kentän tunnus ja C1 laitteen tunnus. Ensimmäisenä tarkistetaan, että laite on olemassa tällä rivillä tyhjentämällä laitteen tunnuksen solu tyhjästä merkeistä ja sitten laskemalla, jääkö soluun merkkejä käyttäen LEN- ja TRIM-funktioita. Ehdon toteutuminen tarkistetaan IF-funktiolla: jos laitteen tunnusta ei ole, tämä solu on myös tyhjä. Muussa tapauksessa voidaan rakentaa soluun kokotunnus annetuista tiedoista käyttäen CONCAT-funktiota seuraten CADMATICin määräämää mallia ”=KOKONAISUUS+SÄHKÖPOSITIO-LAITE”:

$$= IF(LEN(TRIM(C1)) <> 0; CONCAT(="";A1;"+";B1;"-";C1); "") \quad (3)$$

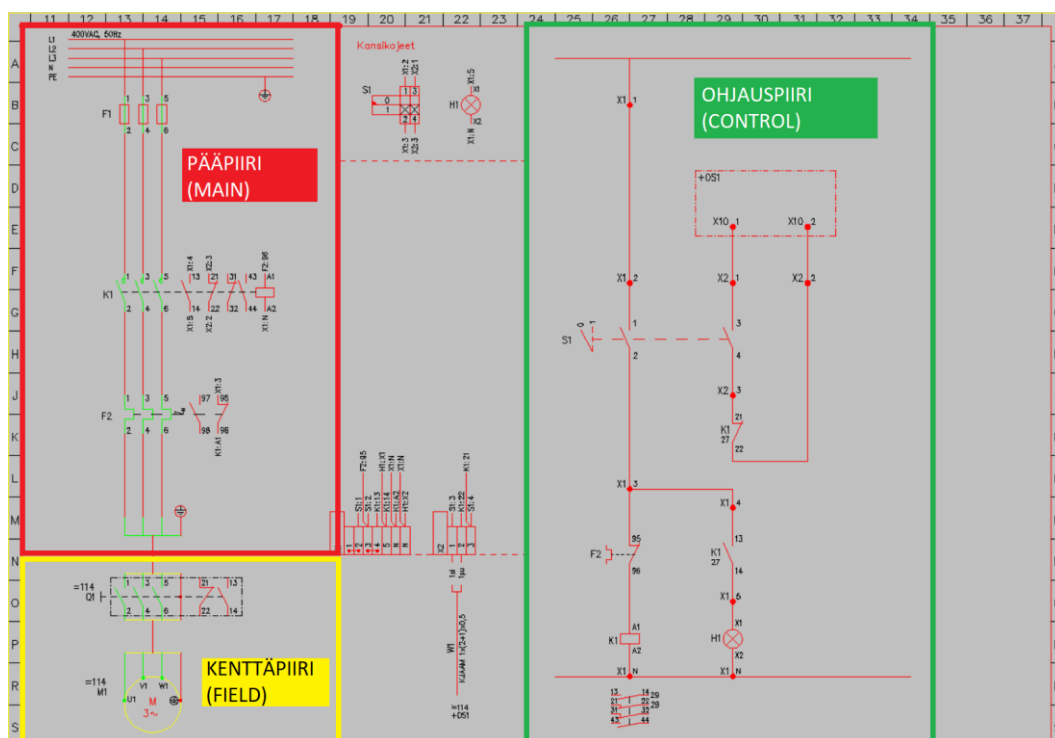
5.1.4 CADMATIC-lisätietokentät

CADMATIC sisältää valmiiksi kokoelman laitetietoja, joita voi liittää laitteisiin, piireihin ja muihin tietokantaesineisiin lisätiedoksi. Näihin lukeutuu esimerkiksi sähkötekniset tiedot kuten virta, teho ja pyörimisnopeus. CADMATICin oletustiedot eivät kuitenkaan ole täysin kattavia. SPEListä tietoa siirrettäessä tulee mukana tietoja, joille ei ole valmiiksi vastaavaa laitetietoa CADMATICissä. Tässä tapauksessa voidaan hyödyntää CADMATICin lisätietotoimintoa, jonka avulla käyttäjä voi luoda projektiin omia lisätietoja omilla attribuuteillaan. Luotuja lisätietoja voidaan hyödyntää tuontimäärittelyä tehtäessä niin, että SPEListä tuleville tiedoille saadaan määriteltyä samannimiset tietokentät myös CADMATICin puolelle.

CADMATICin lisätietojärjestelmää hyödynnetään vahvasti siirtomenetelmässä, koska siirrettävissä tiedoissa on erityisen paljon lisätietoja, joita CADMATICistä ei löydy oletuksena. Näihin lisätietoihin kuuluvat varsinkin TVOn SPELiin itse määritelmät lisätiedot.

5.2 Piirikaaviot

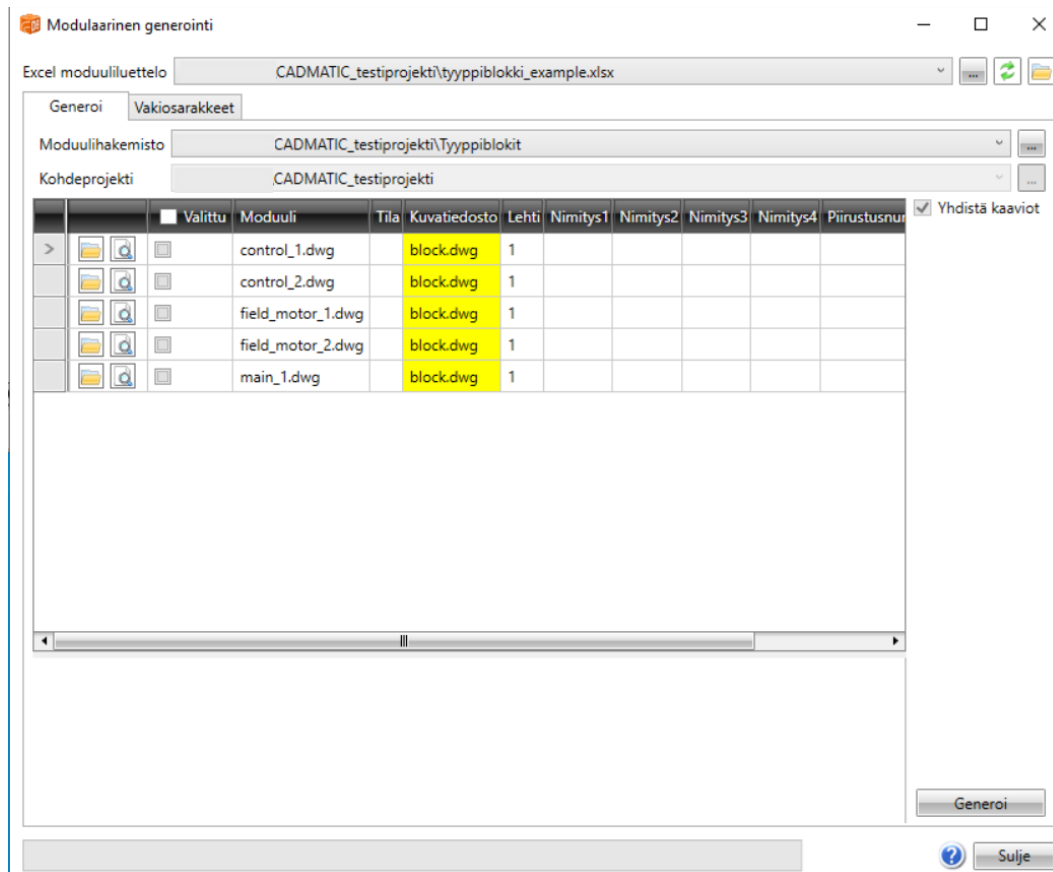
TVO:n SPEL-järjestelmässä piirikaaviot rakentuvat valmiiksi piirretyistä ns. tyyppiblokeista. Tyyppiblokkit jakautuvat kolmeen piirikaavion osia kuvaavaan ryhmään: pääpiirit (Main), kenttäpiirit (Field) ja ohjauspiirit (Control) (Kuvio 10). Tyyppiblokkit on tehty AutoCAD-kuviksi niin, että kuvien koordinaattien origo on kaikissa tyyppiblokeissa samassa pisteessä. Tällä tavoin SPEL voi asettaa tyyppiblokkit kuvaan päällekkäin niin, että kuvat sopivat saumattomasti yhteen konfiguraatiosta riippumatta.



Kuvio 10. Tyypiblokkien rajaus CADMATC-esimerkkikuvassa.

Piirikaavioiden generoinnin ratkaisuksi löydettiin CADMATC-ohjelman ”Modulaarinen generointi”-työkalu. Tässä työkalussa on ominaisuutena mahdollisuus syöttää monta pienempää drw- tai dwg-kuvaa ja generoida niistä yhdistetty drw- tai dwg-kuva (Kuvio 11) käyttäen Excel-moduuliluettelon tietoja (luku 5.2.2). Toisena tärkeänä ominaisuutena on mahdollisuus muuttaa moduuleissa olevat attribuutit (ympäröity \$-merkeillä, esim. \$Nimi\$) syötetyn moduuliluettelon vastaavan solun arvoon.

Hyödyntämällä SPELin Save Plant Structure -ominaisuutta saadaan kaikki tarvittavat tyypiblokit dwg-muodossa, joita voidaan käyttää suoraan CADMATCin modulaarisessa generoinnissa. Ennen blokkien hyödyntämistä ne on kuitenkin muunnettava yksitellen CADMATC-yhteensopiviksi. Blokkeihin merkityt SPEL-tagit eivät ole suoraan CADMATC-yhteensopivia, joten blokkien SPEL-tagit on vaihdettava vastaaviin CADMATC-attribuuttitageihin. Blokkien muuntoaskel tulee osaksi siirtoprosessia (luku 5.2.1).



Kuvio 11. CADMATICin Modulaarinen generointi-ikkuna.

Työkalun koekäytössä ilmeni tiettyjä esteitä. Esimerkiksi kaikki kenttäblokit ovat yhdistetyssä kuvassa väärissä koordinaateissa. Poikkeama ilmenee kaikissa käytävissä olevista kenttäblokeissa. Itse kenttäblokit vaikuttavat olevan kunnossa eikä ongelmaa löydetty niitä tutkittaessa. Ongelma korjattiin lisäämällä kaikkiin kenttäblokkeihin staattinen X-Y-offset kuvaa generoitaessa. Koska kaikkien kenttäblokkien koordinaattipoikkeama on sama, voidaan kaikissa kenttäblokeissa käyttää samaa korjaavaa X-Y-offset-arvoa.

Toinen ongelma on, että työkalu ei pysty nimeämään tulostettua tiedostoa automaattisesti käytettyjen blokkien perusteella. Ongelmaan löydettiin ratkaisu moduuliluettelon automatisoinnilla käyttäen Excelin solufunktioita. Moduuliluettelo sisältää toisissa soluissa tarvittavat tiedot nimen rakentamiseksi, joten niitä hyödyntämällä voidaan asettaa tiedostojen nimet dynaamisesti.

5.2.1 Tyypiblokkien mukautus

SPEListä puretut dwg-tyypiblokit eivät ole sellaisenaan yhteensopivia CADMATICin modulaarisen generoinnin kanssa. Yhteensopivuuden varmistamiseksi olemme kehittäneet askeleen siirtoprosessiin, jossa tyypiblokit muunnetaan CADMATIC-yhteensopiviksi. Askeleessa dwg-tyypiblokit avataan yksi kerrallaan CADMATIC Electrical-sovelluksessa, jossa:

1. Blokin tyyppi määritellään Piirikaavio.
2. SPEL-tagit muutetaan vastaaviksi CADMATIC-attribuuttitageiksi. Muuttamista varten on valmistettu SPEL-CADMATIC attribuuttivastaavuusluettelo, jonka avulla voi verrata, mikä SPEL-tagi vastaa mitäkin CADMATIC-attribuuttitagia.
3. Jos kuvan symbolin attribuuteilla on samoja nimiä keskenään, ne tulee tehdä uniikkeiksi käyttäen Muokkaa symbolia -ominaisuutta. Jos kahdella attribuutilla on sama nimi symbolissa, attribuuttitagien arvot menevät sekaisin generoinnin aikana.
4. Jotta tuotetut kuvat olisivat helpommin luettavissa, tulee blokin tason Level 6 – Annotation Text -väri asettaa arvoon 1 (musta). Jos tuotettujen kuvien väreissä on epäsäännöllisyyksiä, myös muiden tasojen värejä voi muuttaa.
5. Tyypiblokki tallennetaan lopuksi samalla nimellä ja drw-päätteellä (dwg:n sijasta) muunnelluille tyypiblokeille tarkoitettuun kansioon.

5.2.2 Modulaarisen generoinnin moduuliluettelo

Moduuliluettelo on keskeinen osa piirikaavioiden modulaarista generointiprosessia. Se sisältää kaikki tarvittavat tiedot käytettävistä tyypiblokeista sekä tyypiblokkien attribuuttitagien arvot. CADMATICin blokkikaavioiden generointi eroaa

SPELin generoinnista siinä, että SPELissä käyttäjä ei tarvitse erillistä moduuliluetteloa generoidakseen piirikaavioita modulaarisesti. Tämän vuoksi kehitettiin CADMATICiin standardisoidun moduuliluettelon, jonka avulla voitiin generoida minkä tahansa piirikaavion mahdollisimman tarkasti CADMATICin tietokannasta.

Tiedon siirron mekanismina tietokannasta moduuliluetteloon toimii CADMATICin Luettelot -toiminto. Yksi suurimmista haasteista, joka moduuliluetteloa kehittäessä kohdattiin oli, että CADMATICin Luettelot -ominaisuudella ei pysty siirtämään tietoa laitteista ja piiristä samaan aikaan. Ongelma ratkaistiin luomalla moduuliluetteloon kaksi lehteä: piiri ja laitteet, joihin kumpaankin tuodaan vastaavat tiedot ajamalla luettelointitoiminto kaksi kertaa peräkkäin samaan tiedostoon. Luettelossa on myös kolmas lehti: blokki. Se on moduuliluettelon päälehti, mikä sisältää tietoa tyyppiblokeista sekä blokkien attribuutit, jotka kerätään automaattisesti muilta lehdiltä hyödyntäen Excelin solufunktioita (esim. VLOOKUP). Blokki-lehti sisältää myös funktioita, jotka valitsevat oikeat lehdet generoinnille ja täyttävät piirikaavion piirtopohjan kentät automaattisesti annettujen tietojen perusteella vähentäen käyttäjältä vaadittua työtä generoinnissa.

5.3 Yksitiekaviot

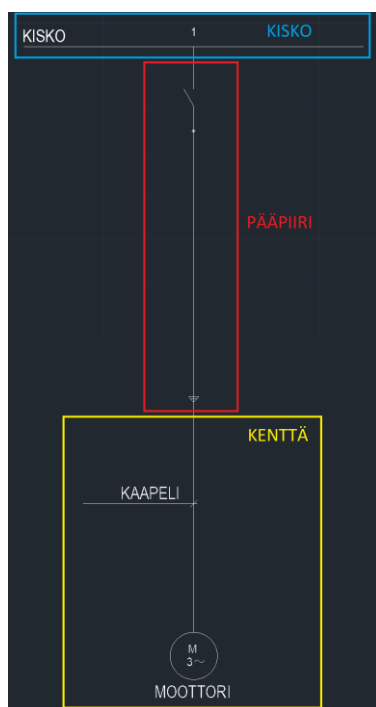
Toisin kuin SPELissä, CADMATICissä ei ole suoraa yksitiekavioiden automaattista generointiominaisuutta. SPELissä yksitiekavio voidaan generoida hierarkiasta laitteen tai piirin valitsemalla, mutta CADMATICissä yksitiekavioiden käsittely on rajoittunut yksitiesymbolien (single-line symbol) käsittelyyn ja yksitiekavioiden manuaaliseen piirtämiseen. Jotta yksitiekavioiden automaattinen generointi voidaan toteuttaa CADMATICissä, täytyy hyödyntää vaihtoehtoisia keinoja. Parhaaksi tavaksi todettiin tyyppikuvagenerointimetodin hyödyntäminen.

5.3.1 Yksitiekavio-tyyppiblokkit

Toisin kuin piirikaavioiden tyyppikuvageneroinnissa, yksitiekavioille ei ole kirjoitushetkellä olemassa vielä tyyppiblokkeja. Jotta yksitiekavioiden generointi voidaan toteuttaa tyyppikuvageneroinnilla, täytyy tehdä olemassa olevista yksitiekavioista tyyppiblokkeja. Yksitiekavioita on saatavilla vain pdf-muodossa, joten jotta niitä voidaan käsitellä kaavioina, on hyödynnettävä AutoCADin PDFIMPORT -komentoa. PDFIMPORT -komennon avulla voidaan pdf-kuva muuntaa AutoCADissa muokattaviksi viivoiksi ja teksteiksi.

Koska valmiita tyyppiblokkeja yksitiekavioille ei ole, on kehitettävä jakotapa yksitiekavioista blokeiksi. Jotta blokkien yhteensopivuus voidaan maksimoida, täytyy jaettavien osien löytyä mahdollisimman samankaltaisina mahdollisimman monessa yksitiekaviossa. Tämän parametrin huomioon ottaen yksitiekavion osiksi on valittu (Kuvio 12):

1. Virtakisko sekä kiskon tiedot.
2. Suojalaitteet, suojalaitteiden tiedot sekä suojarelefunktiot sisältävä pääpiiri.
3. Kaapelien tiedot sekä piirin laitteiden sekä laitteiden tiedot sisältävä kenttäpiiri.



Kuvio 12. Yksitiekavioiden tyypiblokkien raja.

5.3.2 Yksitiekavioiden tyypikuvagenerointi

Kun yksitiekavioiden tyypiblokit on luotu ja muunnettu CADMATICillä drw-muotoon, tehdään kopio piirikaavioiden kanssa käytetystä moduuliluettelopohjasta (luku 5.2.2), johon lisätään piirikaavioiden tyypiblokkien tilalle uudet yksitiekavioiden tyypiblokit. Moduuliluetteloon tehdään myös muita pieniä muutoksia; esimerkiksi poistetaan piirikaavioiden kanssa käytettävät tyypikuvien nimet.

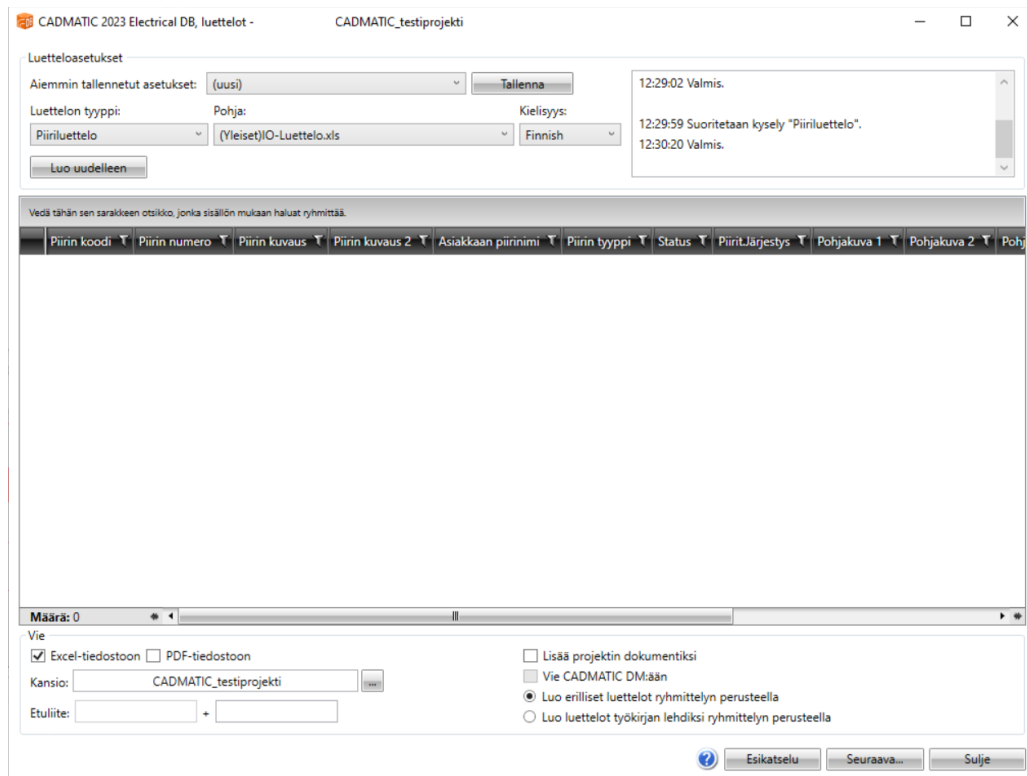
Kun moduuliluettelo on muutettu yksitiekavioille sopivaksi, noudatetaan samaa menetelmää kuin piirikaavioiden kanssa: Moduuliluetteloon tuodaan tiedot halutusta piiristä sekä piiriin laitteista CADMATICin Luettelot -ominaisuudella, jonka jälkeen tuotettu raportti syötetään CADMATICin Modulaarinen generointi -työkaluun. Yksitiekavioiden moduuliluettelopohjassa ei ole valmiiden tietojen puutteen vuoksi automaattista tyypiblokin valintaominaisuutta, joten halutut kuvat tulee valita käsin työkalusta. Generoinnin jälkeen tuotteena projektin juurikansiossa on valmis yksitiekavio.

5.4 Keskuslähtö- ja liitäntäluettelot

CADMATIC Electrical -ohjelmassa on saatavilla luettelongenerointiominaisuus, jonka avulla voidaan generoida raportteja ja luetteloita Excel-pohjaan (Kuvio 13). Luettelointiohjelmaan voi myös lisätä omia luettelopohjia. SPELin Save Plant Structure -ominaisuutta käyttäessä päästään käsiksi TVO:n keskuslähtö- ja liitäntäluetteloiden Excel-taulukkopohjiin. Jotta näitä pohjia voidaan hyödyntää CADMATIC-ohjelman taulukkogeneroinnissa, täytyy taulukkopohjien SPEL-tagit muuttaa CADMATIC-tageiksi (esim. \$Nimi\$). Päivitetyt taulukkopohjat asetetaan projektikan-sion Templates/ReportFiles -alikansioon, minkä jälkeen niitä voi hyödyntää gene-roimaan keskuslähtö- ja liitäntäluetteloita tietokannasta käyttäen tietokantatyö-kalun Luettelot -ominaisuutta.

Projektissa luettelotyypiksi valikoitui Piiriluettelo, koska se sisältää kattavimmin tarvittavia lisätietoja, joita TVO:n keskuslähtö- ja liitäntäluettelot vaativat. TVO:n SPEL-keskuslähtö- ja liitäntäluettelopohjat haettiin SPELin tiedostoista, minkä jäl-keen niistä poistettiin SPELin tietokantatagit ja metatietolehti. Kun jäljellä oli vain puhtaat luettelopohjat, lisättiin sarakkeisiin otsikoiden alle vastaavat CADMATICin tietokantatagit, jotka olivat nähtävillä aiemmin tuotetussa CADMATICin tuonti-määräyksessä. Tuotetut luettelopohjat syötettiin CADMATICin luetteloin-tiapuhohjelmaan, josta tuotetut luettelot vastasivat sisällöltään SPELin omia luet-teloita.

Rajoitteeksi havaittiin, että CADMATICin luettelointiapuhjelma pystyy tuotta-maan tietoa vain yhdelle luettelon lehdelle kerrallaan. Tämän vuoksi muiden leh-tien (kuten kansilehtien) tiedot on täytettävä generoinnin jälkeen käsin.



Kuvio 13. CADMATIC Electrical, Luettelot-ikkuna.

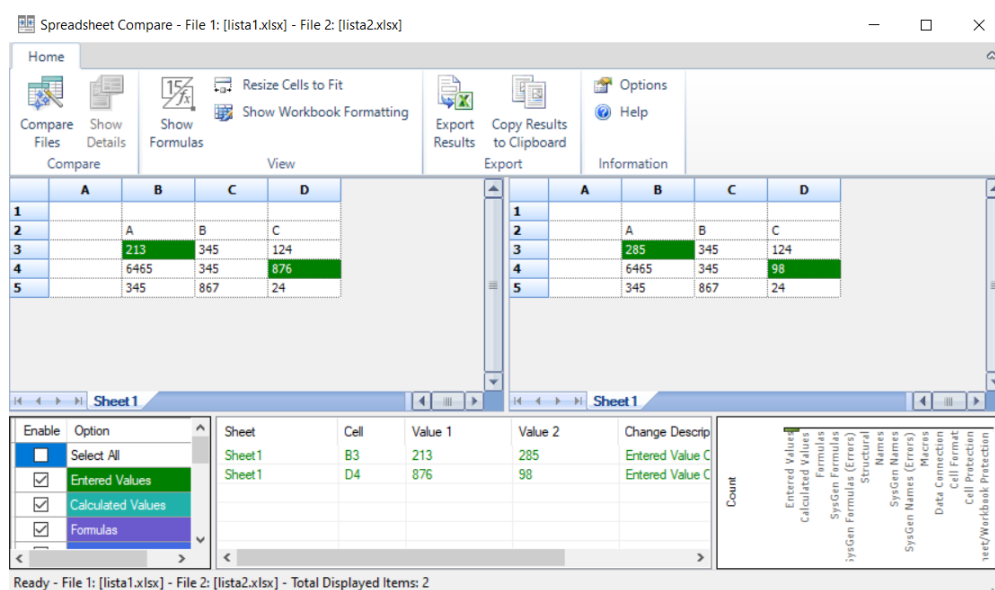
5.5 Siirrettyjen tietojen varmennus

Molempien laitospöytäkirjojen sähkösuunnittelutietokannoissa on suuri määrä yksityiskohtaista tietoa, jonka siirtäminen täysin virheettömästi tietokannasta toiseen on vaikea tehtävä. Epätäydellisistä työkaluista ja käyttäjän virheestä voi helposti syntyä virheellistä tai puuttuvaa tietoa siirron aikana, usein huomaamatta. Virheellinen tai puuttuva tieto uudessa tietokannassa aiheuttaa runsaasti lisätyötä myöhemmin uutta tietokantaa käytettäessä, ja mitä pidempään virheiden huomaaminen ja korjaaminen kestää, sen suurempaa vahinkoa virheet aiheuttavat.

Täytyy siis kehittää tapa varmentaa siirrettyjen tietojen eheys ja oikeellisuus. Päämääräinen tapa varmistaa tietojen siirto on molempien ohjelmien raporttitoimintoja hyödyntämällä. Kun käsiteltävä kisko on siirretty SPEListä CADMATICiin, generoidaan molemmissa ohjelmissa samasta kiskosta sekä keskuslähtöluettelo että kytkentäkaavio. Olettaen, että siirto on onnistunut oikein ja että raporttipohjat on

tehty samanlaisiksi, samantyyppisten generoitujen taulukkojen tulisi olla visuaalisesti identtisiä keskenään. Muussa tapauksessa on todennäköistä että siirtoprosessissa on tapahtunut virhe. Taulukoissa saattaa olla myös näkymättömiä solueroja, jotka eivät ole siirron eheyden kannalta oleellisia. Siirtoprosessin ja sen työkalujen suunnittelussa on myös korjattu joitain pieniä virheitä kuten yksiköiden merkkien yhtenäistäminen, jotka saattavat aiheuttaa pieniä eroja.

Kahta taulukkoa voidaan verrata keskenään käyttäen Excelin apuohjelmaa Spreadsheet Compare. Apuohjelmaan voi syöttää kaksi Excel-taulukkotiedostoa, jonka jälkeen ohjelma vertaa molempia tiedostoja ja osoittaa kaikki solut, jotka ovat muuttuneet sekä niiden muuttuneet arvot (Kuvio 13). Työkalua käytettäessä tulee ottaa huomioon, että se voi nähdä tiettyjä eroja luetteloissa, joita ei näy Excelissä. Tämä johtuu siitä, että ohjelmat saattavat tallentaa luetteloihin metatietoja piilotettuihin lehtiin, jotka eivät näy käyttäjälle normaalisti.



Kuvio 14. Microsoftin Spreadsheet Compare-apuohjelma vertaamassa kahta taulukkoa.

On myös erittäin suositeltavaa, että siirtoprojektia tehtäessä generoidaan siirrettyillä tiedoilla piiri- sekä yksitiekaavioita ja verrataan niitä samoihin arkistoituihin versioihin. Pienetkin virheet siirtoprosessissa näkyvät uuden ja vanhan kaavion vertailussa nopeasti.

5.6 Työvaiheiden raportointi

Jotta TVO voi hyödyntää opinnäytetyössä kehitettyjä menetelmiä tehokkaasti suunnittelutoimintojen siirtourakassa, luodaan erillinen työselostus joka sisältää tarkat ohjeet siitä, miten suunnittelutoimintojen siirto tulisi toteuttaa askeleittain ja mitä urakassa tulee ottaa huomioon. Työselostus on yhtiön sisäinen dokumentti, joten sitä ei liitetä opinnäytetyöhön tai tuoda muuten julkiseksi sen sisällön luottamuksellisuuden vuoksi.

TVO:n raportti sisältää projektin perustietojen ja työvaiheiden lisäksi myös projektin tämänhetkiset rajoitteet ja ongelmat, jotta projektin jatkuessa ne voidaan ottaa huomioon ja mahdollisesti myös ratkaista. Raporttiin sisältyy myös työvaiheiden ulkopuolisia lisäohjeita, kuten esimerkiksi ohje siirtoluettelon muokkaamista varten.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Luotettavuuden näkökulmasta siirtomenetelmä on testattu läpi ja siirtotyötä varten on kehitetty kattava sisäinen ohje. Olettaen, että siirtomenetelmää toteuttavat henkilöt seuraavat ohjeistusta tarkasti ja ovat tarkkana tietojen varmennuksen suhteen, siirtomenetelmä on luotettava. Siirtomenetelmä ei ole kuitenkaan vielä täydellinen ja siinä on tiettyjä ongelmakohtia, joita tulee selvittää ennen siirtoprojektin toteuttamista. Näin varmistetaan, että projekti etenee mahdollisimman sujuvasti.

Johtuen SPELin ja CADMATICin välillä olevista toiminnallisuuden eroista, oli siirtomenetelmää kehitettäessä otettava tiettyjä oikopolkuja pyydetyn toiminnallisuuden toteuttamiseksi. Tämä on johtanut siihen, että kyseisten toiminnallisuuksien käyttökelpoisuus CADMATICissä on epäsuorempi verrattuna SPELin samoihin toimintoihin. Tämänhetkiset käyttökelpoisuuserot ovat kuitenkin hyväksyttävällä tasolla ottaen huomioon, että CADMATICin käyttömenetelmiä TVO:lla tullaan kehittämään vielä pitkään eteenpäin, todennäköisesti CADMATICin kehittäjien tuella.

Vaikka opinnäytetyön menetelmät on kehitetty OL1- ja OL2-laitosyksikköjen tietokannoilla, TVO on toivonut, että opinnäytetyössä kehitettyjä CADMATICin käyttömenetelmiä voitaisiin hyödyntää myös OL3-laitosyksiköllä. Käyttömenetelmät tulevat todennäköisesti vaatimaan muokkausta johtuen OL3-laitosyksikön käyttämästä KKS-tunnistusjärjestelmästä, mutta uskon sen olevan siitä huolimatta mahdollista.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyön ja siirtomenetelmän kehitys TVO:lla on tarjonnut runsaasti haastetta, mutta olen tyytyväinen siinä saavutettuun tulokseen sekä opinnäytetyön suorittamisen aikana saatuihin oppeihin. Opinnäytetyön suorittaminen on opettanut syvällisesti CADMATICin toiminnasta sekä sähkösuunnittelussa käytettävien suunnitteluohjelmistojen ja tietokantojen mekanismeista. Opinnäytetyö on myös auttanut syventymään TVO:n sähkösuunnittelutoimintaan entistä paremmin.

Kiitän Teollisuuden Voima Oyj:tä ja erityisesti TVO:n sähkösuunnittelun tiimiä, esimestä sekä ohjaajaa yhteistyöstä opinnäytetyön kehityksessä.

LÄHTEET

- CADMATIC Oy. (2024). *CADMATIC*. Noudettu 14.02.2024 osoitteesta www.cadmatic.com: 11.01.2024 <https://www.cadmatic.com/fi/>
- CADMATIC Oy. (2024). *Yhtiö*. Noudettu 14.02.2024 osoitteesta www.cadmatic.com: <https://www.cadmatic.com/fi/yritys/>
- Chopra, R. (2010). *Database Management System (DBMS), A Practical Approach*. S. Chand Publishing. Noudettu 26.01.2024 osoitteesta <https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=FTUJNA4lLdAC>
- Encarnacao, J. L., Lindner, R. & Schlechtendahl, E. G. (2012). *Computer Aided Design: Fundamentals and System Architectures*. Springer Science & Business Media. Noudettu 29.01.2024 osoitteesta <https://doi.org/10.1007/978-3-642-84054-8>
- Encyclopedia Britannica. (2024). *Database*. Noudettu 03.02.2024 osoitteesta [www.britannica.com](https://www.britannica.com/technology/database): <https://www.britannica.com/technology/database>
- Foote, D. K. (25. 10 2021). *A Brief History of Database Management*. Noudettu 03.02.2024 osoitteesta www.dataversity.net: <https://www.dataversity.net/brief-history-database-management/#>
- Intergraph. (syyskuu 2007). *SmartPlant Electrical Advanced User's Training Guide* [rajattu saatavuus].
- Jokela, A. (25. lokakuuta 2019). *CADS Käyttöohje (Workspace versio)* [rajattu saatavuus]. Olkiluoto.
- Lukka, K. (2001). *Konstrukttiivinen tutkimusote*. Noudettu 19.02.2024 osoitteesta metodix.fi: <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstrukttiivinen-tutkimusote/>

Maikola, J. (9. joulukuuta 2011). *Olkipäivät: Tietomallipohjainen sähkö- ja automaatio suunnittelu [rajattu saatavuus]*. Olkiluoto: Teollisuuden Voima Oyj.

Maikola, J., & Suomela, T. (18. syyskuuta 2023). *Opinnäytetyön lähtötiedot [rajattu saatavuus]*.

MariaDB Foundation. (2015). *Understanding the Network Database Model*. Noudettu 05.02.2024 osoitteesta mariadb.com: <https://mariadb.com/kb/en/understanding-the-network-database-model/>

MariaDB Foundation. (2015). *Understanding the Relational Database Model*. Noudettu 05.02.2024 osoitteesta mariadb.com: <https://mariadb.com/kb/en/understanding-the-relational-database-model/>

MariaDB Foundation. (2020). *Understanding the Hierarchical Database Model*. Noudettu 05.02.2024 osoitteesta mariadb.com: <https://mariadb.com/kb/en/understanding-the-hierarchical-database-model/>

Microsoft. (2020). *Windows 7 support ended on January 14, 2020*. Noudettu 12.01.2024 osoitteesta support.microsoft.com: <https://support.microsoft.com/en-us/windows/windows-7-support-ended-on-january-14-2020-b75d4580-2cc7-895a-2c9c-1466d9a53962>

Sarcar, M. M., Mallikarjuna Rao, K. & Lalit Narayan, K. (2008). *Computer Aided Design and Manufacturing*. PHI Learning Pvt. Ltd. Noudettu 29.01.2024 osoitteesta <https://books.google.com/books?id=zXdivq93WIUC>

Teollisuuden Voima Oyj. (2024). *OL1 ja OL2*. (Teollisuuden Voima Oyj) Haettu 10. 1 2024 osoitteesta www.tvo.fi:
<https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol1jaol2.html>

Teollisuuden Voima Oyj. (2024). *OL3*. (Teollisuuden Voima Oyj) Haettu 10. 1 2024 osoitteesta www.tvo.fi:
<https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html>

Vuori, J. (2024). *Tapaustutkimus*. Noudettu 19.02.2024 osoitteesta www.fsd.tuni.fi:
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/>

LIITTEET

Ei julkisia liitteitä.