

Teppo Rajamäki

**Sähkömittauskeskuksen laskennan- ja suunnittelun au-
tomatisointi**

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Teppo Rajamäki

Työn nimi: Sähkönmittauskeskuksen laskennan- ja suunnittelun automatisointi

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2014 Sivumäärä: 44 Liitteiden lukumäärä: 1

Työn tarkoituksena oli luoda vakiomalliset sähkönmittauskeskukset, niille yksinkertainen laskenta ja nopeuttaa suunnittelua luomalla valmiit symbolit. Tämänhetkisen laskennan ongelmana on, ettei laskentaohjelma toimi oikein vakiomallien laskennassa ja yrityksen käyttämä runkorakenne on vaihtunut. Laskentaohjelma on tarkoitettu räätälöidyille erimallisille sähkökeskuksille, jolloin se huomioi suunnittelu- yms. kustannuksia.

Työssä suunniteltiin vakiomallit, tehtiin osa- ja komponenttivalinnat ja kellotettiin työajat uudelleen yrityksen uudella runkorakenteella. Työajoista ja tarvittavista osista muodostettiin taulukot, joita hyödynnettiin laskentaohjelmassa. Sähkönmittauskeskusten suunnittelu tehtiin CADS-ohjelman avulla. Suunnittelu, osa- ja komponenttivalinnat tehtiin myynnin, suunnittelun ja tuotannon kanssa yhteistyössä, jokainen yksityiskohta tarkistettiin sähkönmittauskeskuksen kokoamisvaiheessa. Työaikojen kellottaminen suoritettiin vanhojen työmenetelmien mukaan, näin saatiin täysin vertailukelpoinen tulos tämänhetkisen laskentaohjelman ja uuden laskentaohjelman välille.

Työn lopputuloksena saatiin selkeät tulokset tämänhetkisen laskentaohjelman sopimattomuudesta vakiomallisten sähkönmittauskeskusten laskennan kohdalla. Yritys sai käyttöönsä vakiomallin piirustukset, joiden mukaan sähkönmittauskeskuksia voidaan tuottaa. Myynti sai erillisen työkalun sähkönmittauskeskusten vakiomallien nopeaan ja yksinkertaiseen hinnoitteluun, mitä tulevaisuudessa hyödynnetään yrityksen omassa järjestelmässä.

Avainsanat: sähkönmittaustekniikka, laskenta, suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Teppo Rajamäki

Title of thesis: Automating the calculation and planning of an electricity measurement center

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2014 Number of pages: 44 Number of appendices: 1

The aim of this thesis was to create a user friendly algorithm for the price determination of an electricity measurement center. The secondary aim was to create symbols and shortcuts for the company's CAD program. The main problems of the present algorithm system are inaccurate calculating and difficult usage. The present algorithm has been intended for all kinds of custom-made electric centers, not just the electricity measurement centers. The present algorithm counts in, for example, planning and initial costs.

In this work standard electricity measurement center models were planned, all the components were selected and production time was measured. The data was combined on one Excel worksheet, which was used for price determination. Planning work was made with the company's CAD program called CADS. Component selections and planning were made together with the sales-, planning- and production departments. Also every detail of the electricity measurement center was checked during the fabrication process. Production time was measured according to the old-style working methods so that the new data was directly proportional to the present algorithm's data.

As a result it was found out that the information the company gets from the present algorithms is unsuitable for defining the price of standard electricity measurement centers. Standard models of electricity measurement centers were created for the company and in the future production can be made with the new plans. The sales department gets an easy to use algorithm for the price determination of a standard electricity measurement center. In the future the company can integrate the collected data to the production control system.

Keywords: electricity measuring technology, calculation, planning

SISÄLTÖ

| | |
|---|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ..... | 4 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 7 |
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 1.1 Työn tausta | 8 |
| 1.2 Työn tavoite | 9 |
| 1.3 Työn rakenne | 9 |
| 1.4 Yritysesittely | 10 |
| 2 SÄHKÖNMITTAUSKESKUKSET JA KÄYTETYT OHJELMAT | 13 |
| 2.1 Sähkömittauskeskus | 13 |
| 2.2 Toimintaa ohjaavat standardit | 14 |
| 2.3 Excel-taulukointi ja laskenta | 14 |
| 2.4 Käyttöliittymä Microsoft Visual Studiolla..... | 15 |
| 2.5 Sähkömittauskeskuksen suunnittelu CADs-ohjelmalla..... | 16 |
| 2.6 Ventus toiminnanohjausohjelmisto..... | 17 |
| 3 KYSELYTUTKIMUKSEN TEKEMINEN..... | 18 |
| 3.1 Keskuksen rakenteen kyselytutkimus | 18 |
| 3.2 Kaapelirakenteiden kyselytutkimus | 19 |
| 4 LASKENTAOHJELMAN POHJAN LUOMINEN EXCELIIN..... | 21 |
| 4.1 Excel-pohjan perustaminen..... | 21 |
| 4.2 Työaikojen kellottaminen ja tallentaminen Exceliin | 22 |
| 4.3 Tuotetietojen noutaminen Ventuksesta ja siirtäminen Exceliin..... | 24 |
| 5 KÄYTTÖLIITTYMÄN LUOMINEN LASKENTAPOHJAAN | 27 |
| 5.1 Käyttöliittymän luominen Microsoft Visual Studiolla | 27 |
| 5.2 Käyttöliittymän integrointi Exceliin | 28 |
| 6 VAKIOMALLIEN SUUNNITTELU | 30 |
| 6.1 Vakiomallien suunnittelu | 30 |
| 6.2 Vakiomallien luominen symboliksi..... | 32 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 6.3 Komponenttien valinta..... | 35 |
| 7 TULOKSET | 37 |
| 8 POHDINTA JA YHTEENVETO | 39 |
| LÄHTEET | 41 |
| LIITTEET | 42 |

Kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Runkohalli | 10 |
| Kuva 2. Johdotushalli | 11 |
| Kuva 3. Kennohalli | 11 |
| Kuva 4. Tarkastus-, kansitus- ja lähetys-halli | 12 |
| Kuva 5. Sähkömittauskeskus | 13 |
| Kuva 6. Excel-tilukko | 15 |
| Kuva 7. Visual Studio | 15 |
| Kuva 8. CADs-suunnittelu | 16 |
| Kuva 9. Ventus-ohjelmisto | 17 |
| Kuva 10. Kaksoiskierretty kaapeli | 20 |
| Kuva 11. Laskentapohjan luomisprosessi | 21 |
| Kuva 12. Laskentapohjan esimerkki | 22 |
| Kuva 13. Kellotustulosten tallennustilukko | 23 |
| Kuva 14. Käyttöliittymän luomisprosessi | 27 |
| Kuva 15. Laskentalomake, testausta varten | 28 |
| Kuva 16. Lomakkeen koodi | 29 |
| Kuva 17. Sähkömittauskeskusten vakiomallit, pääkentät | 30 |
| Kuva 18. Sähkömittauskeskusten vakiomallit, lisäkentät | 31 |
| Kuva 19. Piirrosymboli, pääkytkin | 32 |
| Kuva 20. CADs-ohjelman K-ohjelmointikoodi, valikkorakenne | 33 |
| Kuva 21. Työssä käytetyt suunnitteluvalikot | 34 |
| Kuva 22. Sähkömittauskeskusten syöttökenttä komponentteineen | 35 |
| Kuva 23. Sähkömittauskeskusten lähtökenttä riviliittimineen | 36 |
| | |
| Tilukko 1. Standardit | 14 |
| Tilukko 2. Työvaihekoodit | 24 |
| Tilukko 3. Tuoteluetelo | 25 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|---------------|---|
| SGS | Société Générale de Surveillance, maailman johtava tarkastus-, verifiointi-, testaus- ja sertifiointiyritys |
| CADS | Kymdata Oy:n kehittämä suunnitteluohjelmisto |
| Ventus | Nisamest Oy:n ylläpitämä toiminnanohjausjärjestelmä |
| DOS | Disk Operating System on Microsoftin vuonna 1981 julkaisema tekstipohjaisella komentoliittymällä varustettu käyttöjärjestelmä |

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

E Avenue Oy Ikaalisten toimipiste valmistaa sähkönjakokeskuksia mittatilaustyönä. Toimipisteessä tarvitaan tietyistä keskustyypeistä vakiomalleja, joiden hinnoittelu olisi helppoa ja nopeaa. Lisäksi hinnoittelu kaipaa myös tarkistusta, koska yhtiön käyttämä runkorakenne on muuttunut. Tämä on johtanut siihen tilanteeseen, että kaikki työvaiheet tulee kellottaa uudelleen ja tarkistaa tavaramenekki. Tämän jälkeen voidaan suunnitella vakiomalliset sähkönmittauskeskukset yhtiölle ja tehdä tarkka hinnoittelu. Perustarpeisiin kuuluvan sähkönmittauskeskuksen ei myöskään haluta kuormittavan suunnitteluosastoa turhaan, vaan projektit halutaan viedä nopeammin loppuun. Tämä onnistuu vakiomallien suunnittelulla ja toteuttamisella. CADS-ohjelmaan kaivataan myös lisää ominaisuuksia, jotka nopeuttavat suunnittelijoiden töitä.

Työtä aloitettaessa yritys käytti mittauskeskusten laskennassa Ventuksen laskentapohjaa. Vakiomallien puuttuessa laskenta suoritettiin joka kerta uudelleen valitsemalla Ventuksesta oikeat osiot. Tämän vuoksi laskenta ja tilauksien muodostaminen oli työlästä ja toistuu aina saman kaavan kautta. Nykyisen laskentapohjan rakenne selviää liitteestä 1. Ventuksen laskenta ei myöskään sovellu suoraan vakiomallien laskentaan, koska laskennassa huomioidaan suunnitteluun ja tuotannon valmisteleviin tehtäviin kuluva aika liian paljon.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tehdä myynnin tueksi nopeasti ja helposti käytettävä laskentaohjelma sähkömittauskeskuksia varten. Laskentaohjelma liitetään yhtiöllä käytössä olevaan Ventus-toiminnanohjausjärjestelmään. Lisäksi laskentaohjelmaan tehdään erillinen käyttöliittymä testausta varten Microsoft Visual Studiolla. Laskentaohjelmaan tehdään ohjelma kuudelle ja yhdeksälle mittariristikolle, yksittäiskeskuksena ja jatkettavana mallina. Lisäksi kaikista malleista tehdään laskelmat kahdella eri leveydellä (450 mm ja 600 mm). Tämän lisäksi valitaan oikeankokoinen pääkytkin. Toissijaisena tavoitteena on tehdä CADS-ohjelmaan lisää symboleita ja toiminnallisuuksia ohjelman omilla toiminnoilla ja K-ohjelmointikielellä. Symbolit ovat piirrosmerkkejä, joita suunnittelijat voivat asettaa haluamallaan tavalla ja ne voivat muodostua useista eri komponenteista.

1.3 Työn rakenne

Johdannossa kerrotaan työn taustasta ja tavoitteesta sekä esitellään tilaajayritys. Työn teoriaosuudessa selvitetään sähkömittauskeskuksen rakennetta, toimintaa ja erilaisia standardeja, joiden mukaan sähkömittauskeskuksen valmistus pitää tehdä. Lisäksi käydään läpi ohjelmia, joita työssä käytetään. Kyselytutkimus tehtiin ennen vakiomallien suunnittelun aloittamista. Tutkimus kohdistettiin neljälle sähköyhtiölle keskuksen rakenteen osalta ja neljälle kaapelitoimittajalle käytettävien kaapeleiden osalta. Luvussa laskentapohjan luominen Exceliin syvennyttään varsinaisen laskentapohjan muodostamiseen, työaikojen kellottamiseen ja kellottamisen menetelmään. Lisäksi tuotetietojen noutaminen Ventus-toiminnanohjausjärjestelmästä käsitellään samassa luvussa. Käyttöliittymän luominen laskentapohjaan keskittyy Visual Studiolla tehtävään lomakkeeseen, jonka kautta laskentapohjaa käytetään helposti. Vakiomallien suunnittelu CADS-ohjelmalla -luvussa tutkitaan symboleiden luomista ohjelmaan ja käsitellään kohteena olleen vakiokeskuksen suunnittelua ja komponenttien valintaa. Lopussa esitetään tulokset ja yhteenveto työstä ja pohditaan työn aikana ilmenneitä asioita.

1.4 Yritysesittely

E Avenue Oy valmistaa kaikäntyyppisiä sähköjakokeskuksia kotimaisille ja ulkomaisille sähköurakoitsijoille tarpeen mukaan. Yhtiö on Suomen suurimpia alle 1000 V:n sähköjakokeskusten valmistajia, aina kerrostalon vakiokeskuksesta 8500 A:n teollisuuskojeistoon. Yhtiön omistaa viisi yksityishenkilöä ja yhtiö työllistää noin 150 henkilöä. Toimipisteet sijaitsevat Iisalmissa, Ikaalisissa, Keravalla ja Kuopiossa. Liikevaihto on noin 15 M€. Yhtiö syntyi kahden keskenään kilpailevan keskusvalmistajan päättäessä yhdistää voimavaransa vuonna 2004. Iisalmen toimipiste on erikoistunut pienten ohjaus- ja sähkökeskusten sarjatuotantoon, Ikaalisten ja Keravan toimipisteet ovat erikoistuneet julkisten rakennusten kiinteistö-sähkökeskuksiin, ja Kuopion toimipaikka on erikoistunut teollisuus- ja vientiprojektien keskuksiin. Kuvissa 1–4 esitetään Ikaalisten toimipisteen tuotantotiloja. E Avenuel-la on myös ISO 9001:2008 -laadunhallintajärjestelmä ja ISO 14001:2001:n mukainen ympäristöjärjestelmä. Molemmat järjestelmät on sertifioitu Kuopion toimipisteessä SGS:n toimesta. (E Avenue Oy yritysesittely, [viitattu 4.2.2014].)



Kuva 1. Runkohalli



Kuva 2. Johdotushalli



Kuva 3. Kennohalli

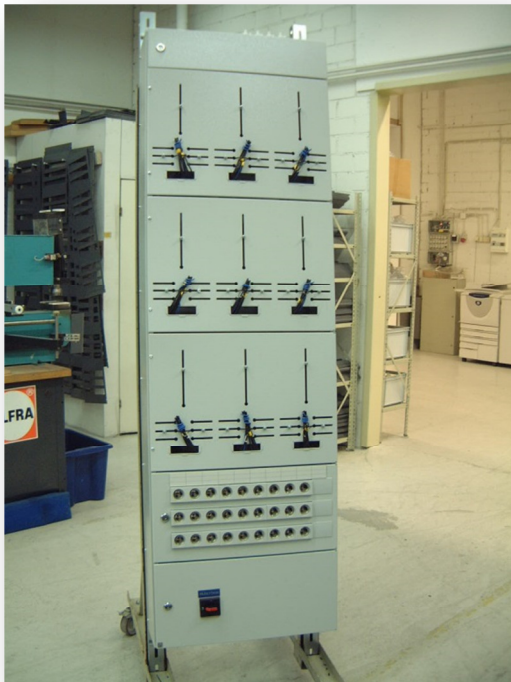


Kuva 4. Tarkastus-, kansitus- ja lähetyshalli

2 SÄHKÖNMITTAUSKESKUKSET JA KÄYTETYT OHJELMAT

2.1 Sähkönmittauskeskus

Sähkönmittauskeskus on paikka, mihin on koottu kaikki sähkömittarit ja niiden varokkeet. Sähkönmittauskeskus on jokaiseen kiinteistöön kuuluva pakollinen kojeisto. Sähkönmittauskeskuksen rakenteesta antaa paremman käsityksen kuva 5. Sähkönmittauskeskukseen johdetaan sähkö nousukaapelilla, jonka kytkentää varten tulee sähkönmittauskeskuksen sisällä olla oikeanlainen liitospaikka. Kytkeänpisteen suunnittelussa ja toteuttamisessa pitää huomioida syöttökaapelin materiaali (alumiini vai kupari) ja tietenkin kaapelin poikkipinta-ala. Lisäksi lähdöille tulee olla omat kytkentäpaikkansa, joista mittareiden jälkeen lähtöjohtimet voidaan kytkeä sähkön kulutuspisteisiin. Sähkönmittauskeskus sisältää perusvarusteinaan päävarokkeet jokaiselle vaiheelle, kuormankytkimen ja sähköenergian mittaukseen sopivan ja hyväksytyt kilowattituntimittarin ja PE-kiskon sekä N-kiskon (Mäkinen, 2001, 49).



Kuva 5. Sähkönmittauskeskus

2.2 Toimintaa ohjaavat standardit

Sähkönmittauskeskusten valmistamista koskevat myös monet standardit. Taulukossa 1 on koottuna sähkönmittauskeskusta koskevat standardit.

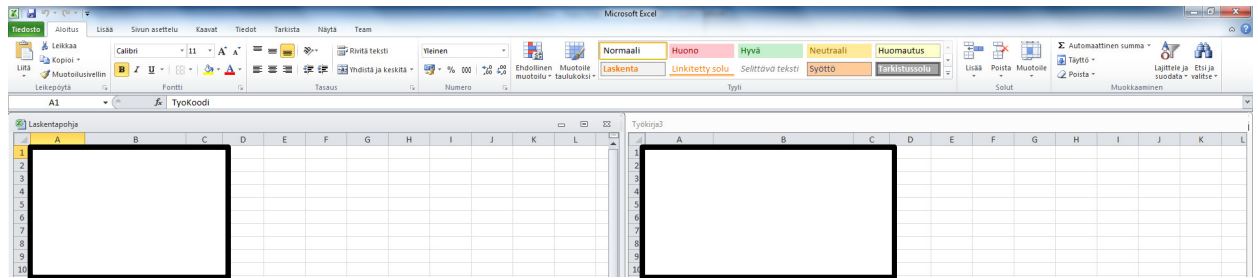
Taulukko 1. Standardit

| | |
|----------|--|
| SFS 2529 | Energiamittarin alusta |
| SFS 2532 | Monimittarikeskukset |
| SFS 4186 | |
| EN 50005 | Liittimien merkitseminen ja tunnusnumerot |
| SFS 3381 | Vaihtosähköenergian mittaus - Mittauslaitteistot |
| SFS 3382 | Vaihtosähköenergian mittaus – Ohjaus- ja kaukomittauslaitteistot |
| SFS 4365 | Pientalojen mittarikeskustilat ja keskusten rakenne |
| SFS 5601 | Sähköenergiamittauslaitteiden tilat |

Lisäksi jokaisen sähkölaitoksen sivuilta löytyy urakoitsijoille ja yksityisille laitosten omia lisäohjeita, joita tulee noudattaa paikkakuntakohtaisesti. Pelkässä sähköenergiamittauksessa mittarin ja ohjauslaitteen alustoina pitää käyttää SFS 2529 mukaisia M2 ja M3-alustoja. (Mittalaitetilat ja lukitus, [viitattu 9.4.2014]).

2.3 Excel-tilukointi ja laskenta

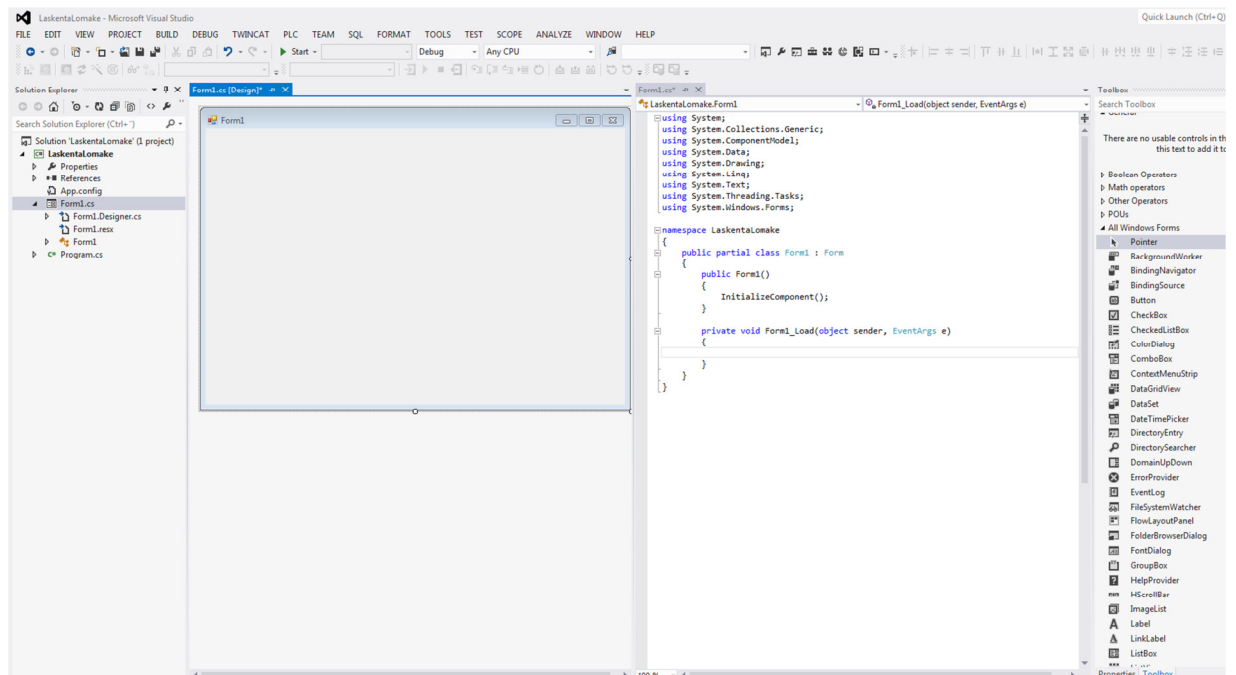
Laskennan pohjana käytetään Microsoftin Excel-tilukkolaskentaohjelmistoa. Kuvassa 6 on esimerkki Excel-tilukosta. Ohjelman käyttö on nopeaa ja helppoa, lisäksi yhtiöllä on jo käytössä Excel, yrityksen ei tarvitse hankkia uusia ohjelmia käyttöön. Valinta vahvistui myös sen vuoksi, koska käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä Ventus ja suunnitteluohjelma CADS on helppo kytkeä toimimaan Excelin tilukoiden kanssa ja tiedonsiirto ohjelmien välillä on helppoa.



Kuva 6. Excel-taulukko

2.4 Käyttöliittymä Microsoft Visual Studiolla

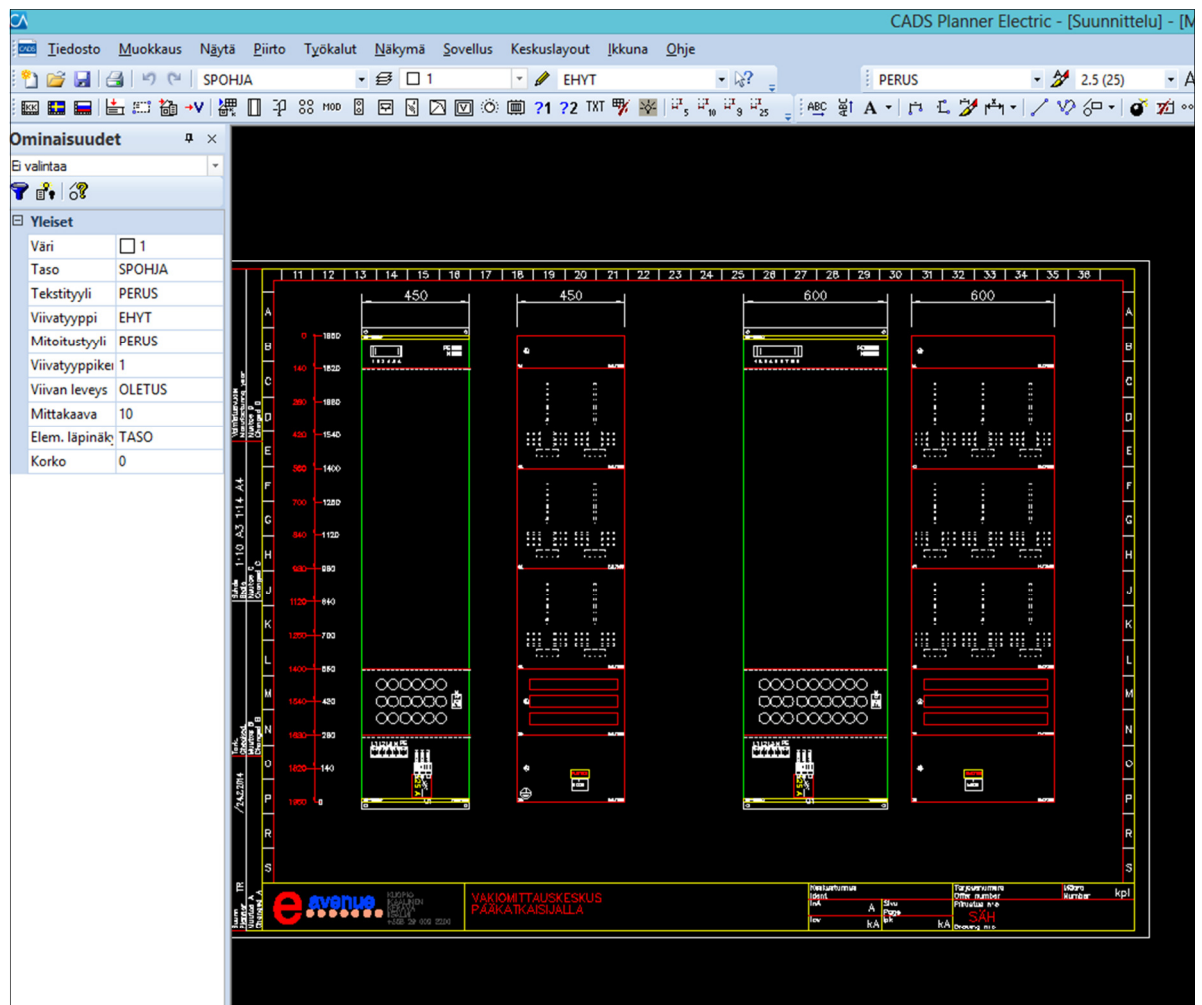
Koska testaaminen haluttiin tehdä mahdolliseksi myös ilman Ventus-ohjelmaa, taulukkoon integroitiin erillinen käyttöliittymä, joka toteutetaan Microsoft Visual Studio -ohjelmistolla. Visual Studio -ohjelmasta käytetään C#-ohjelmointikieltä ja Windows Forms Application -sovellusta. Kuvassa 7 on Visual Studion aloitusnäky. Tällä saadaan tehtyä Windows-ympäristössä toimiva lomake, jonka kautta pystytään testaamaan laskentaohjelman toimintaa. Tällä lomakkeella voi myös jatkossa laskea muitakin suunniteltuja vakiomalleja, kunhan niiden rakenne ja osat tarkistetaan ja lisätään laskentapohjaan.



Kuva 7. Visual Studio

2.5 Sähkönmittauskeskuksen suunnittelu CADS-ohjelmalla

Vakiomallien suunnittelu ja rakennekuvien luominen tapahtuu Kyndata Oy:n tekemällä CADS-ohjelmistolla. CADS-ohjelmasta käytetään Electric-ohjelmistosiota. Vakiomalleista piirretään tekniset kuvat, jotka asetetaan myös yhtiön internetsivuille asiakkaiden nähtäväksi. Valmiit kuvat tulostetaan PDF-muotoon, jolloin niitä on vaivaton käyttää ja mahdollinen kopiointi on mahdotonta. Kuvassa 8 on CADS-ohjelman avoin suunnitteluikkuna.



Kuva 8. CADS-suunnittelu

2.6 Ventus toiminnanohjausohjelmisto

Yhtiöllä on käytössä Ventus-toiminnanohjausohjelmisto. Ohjelmiston nykyinen ylläpitäjä on Nisamest Oy, joka on perustettu vuonna 1996. Nisamest Oy on Oscar Software Oy:n tytäryhtiö. Ohjelmiston historia alkaa vuodesta 1989, jolloin ensimmäisen Ventus-ohjelman kehitystyö alkoi. DOS-pohjainen versio julkaistiin vuonna 1993. Uusin versio Ventus-ohjelmasta on 6.1. Kuvassa 9 esitetään Ventus-ohjelman sisältöä. Ohjelmisto sisältää taloushallinnon, materiaalihallinnan, tuotannonohjauksen, henkilöstöhallinnon ja projektihallinnan. (Ventus-toiminnanohjausjärjestelmä, [viitattu 4.2.2014].)

Pokladni kniha Pokladna: 1P1 Ména: Kč Období: 04.03.2009 - 04.03.2010

| Doklad | Vystavení | Popis | Partner | Aktuální stav |
|----------------------|------------|-----------------|--|-----------------|
| 1P010900010/1 | 10.03.2009 | | NORDIC, středisko 1 IČ: 35625833 | Příjem 1 190,00 |
| 1P010900011/1 | 10.03.2009 | | NORDIC, středisko 1 IČ: 35625833 | 13 000,00 |
| 1P010900012/1 | 10.03.2009 | | NORDIC, středisko 1 IČ: 35625833 | -1 000,00 |
| 1P010900013/1 | 10.03.2009 | | Česká pojišťovna, a.s. IČ: 45272956 | 5 950,00 |
| 1P010900014/1 | 10.03.2009 | | Česká pojišťovna, a.s. IČ: 45272956 | -5 950,00 |
| Celkem za 10.03.2009 | | | | 13 190,00 |
| Příjem | | | | |
| 1P010900015/1 | 02.04.2009 | | Wöfel Beratende Ingenieure Gm IČ: 12345678 | 20 000,00 |
| Celkem za 02.04.2009 | | | | 20 000,00 |
| Příjem | | | | |
| 1P010900017/1 | 08.04.2009 | | IČ: 0,00 | |
| 1P010900018/1 | 08.04.2009 | | ABB, s.r.o. IČ: 49892563 | 0,00 |
| 1P010900020/1 | 08.04.2009 | Odvod hotovosti | IČ: 0,00 | |
| 1P010900021/1 | 08.04.2009 | | IČ: 0,00 | |
| 1P010900022/1 | 08.04.2009 | Odvod hotovosti | IČ: 0,00 | |
| 1P010900023/1 | 08.04.2009 | | Papirus, s.r.o. IČ: 64942503 | 2 015,00 |
| 1P010900024/1 | 08.04.2009 | | NORDIC, středisko 2 IČ: 35625833 | 0,00 |
| 1P010900025/1 | 08.04.2009 | | NORDIC, středisko 1 IČ: 35625833 | 0,00 |
| Celkem za 08.04.2009 | | | | 2 015,00 |
| Příjem | | | | |
| 1P010900026/1 | 17.04.2009 | | Papirus, s.r.o. IČ: 64942503 | 2 015,00 |

Kuva 9. Ventus-ohjelmisto

3 KYSELYTUTKIMUKSEN TEKEMINEN

Molemmat kyselytutkimukset suoritettiin lyhyenä sähköpostikyselynä, koska lomakkeen tekeminen ja linkkien lähettäminen sähköpostilla ei ollut järkevää kyselyn laajuutta ajatellen.

3.1 Keskuksen rakenteen kyselytutkimus

Ennen vakiomallien suunnittelua tehtiin kyselytutkimus neljälle sähköyhtiölle, näistä kaksi vastasi kyselyyn.

Kyselyssä esitetyt kysymykset ja saadut vastaukset olivat:

1. Onko tällä hetkellä olemassa vaatimuksia komponenttien sijoittelusta, esimerkiksi nousuvarokkeet mittaritilan alapuolella (Ensto, UTU) vai kootusti samaan tilaan (Norelco, E Avenue)?
 - Ei ole. Mittauskeskusten komponenttien sijoittelu perustuu standardeihin (mittaristikoiden korkeus, ylivirtasuojien sijainti keskitetysti kunkin mittarialustan alapuolella tai keskitetysti omassa tilassaan).
 - SFS-standardin mukaan. Kunhan ne on asianmukaisesti merkitty.

2. Suositteletteko 25 A:n vai 63 A:n nousuvarokkeita monimittarikeskuksiin, eli haetaanko mahdollista laajennusvaraa tulevaisuuteen?
 - Emme ota kantaa. Suunnittelijat suunnittelevat monimittarikeskukset kohteiden tarpeiden mukaisesti.
 - Ei kuulu meidän tehtäviin. On haltijan ja suunnittelijan asioita.

3. Onko mittauksissa pakollista käyttää tulppasulakkeita, vai voiko käyttää johdonsuoja-automaatteja?
 - Ei ole. Standardin mukaan voi käyttää tulppavarokkeita tai johdonsuojakatkaisijoita.
 - SFS-standardin mukaisesti.

4. Uudet etäluettavat mittarit ovat mitoiltaan pienempiä kuin vanhat. Ovatko uusien mittareiden myötä mittausristikoiden tilavaatimukset muuttuneet/muuttumassa? Mitkä ovat tilavaatimukset (fyysiset mitat), varsinkin syvyysuuntaan?
 - Vaatimukset mittarialustoille eivät ole muuttuneet, eivätkä ole muuttumassa (SFS 2529 M2-alusta).
 - Verkkoyhtiö ei niitä määrittele. Siis tässäkin tapauksessa noudatetaan SFS-standardia. Keskusvalmistajien asioita.

Johtopäätös kyselyn tuloksista on, että kyseisen keskuksen rakenne on aika vapaa, mutta varsinaisen ristikko-osan koko on määritelty standardissa. Johdotuksen osalta on omat määräykset. Johdotusten merkintä tulee myös suorittaa standardin mukaan.

3.2 Kaapelirakenteiden kyselytutkimus

Toisen kyselytutkimuksen aiheena olivat kierretyt kaapelit, joita käyttämällä johdotuksen työaikaa saataisiin supistettua huomattavasti. Kyselyn tuloksena oli, että kaksoiskierrettyä kaapelia on saatavilla, mutta tässä tapauksessa olisi tarvittu kolmoiskierrettyä kaapelia, jota suurimpien toimittajien listoilta ei löytynyt. Tämäkin kyselytutkimus lähetettiin neljälle toimijalle, joista kaksi vastasi.

Kaksoiskierretyssä kaapelissa on kaksi MK-johdinta kierretty toistensa ympäri ja kolmoiskierretyssä on kolme erillistä MK-johdinta kierretty toistensa ympäri. Kaksoiskierretyn MK-johtimella tehdyn kaapelin rakenne on esitetty kuvassa 10.

Johtopäätökset kyselyyn oli, että on parempi tehdä johdotukset tällä hetkellä erillisillä kaapeleilla. Erikoistilauksesta valmistettavat kierretyt kaapelit tuotetaan ulkomailta ja tuolloin toimituserä ja -hintaa ovat kohtuuttomat.



Kuva 10. Kaksoiskierretty kaapeli

4 LASKENTAOHJELMAN POHJAN LUOMINEN EXCELIIN

Laskentapohja tehtiin tietojen tallentamista ja Ventukseen siirtämistä varten. Exceeliin on helppo koota erilaisia tuote- ja työtiedostoja ja yrityksen muut ohjelmat toimivat saumattomasti yhteen sen kanssa. Laskentapohjan luomisprosessi on havainnollistettu kuvassa 11.



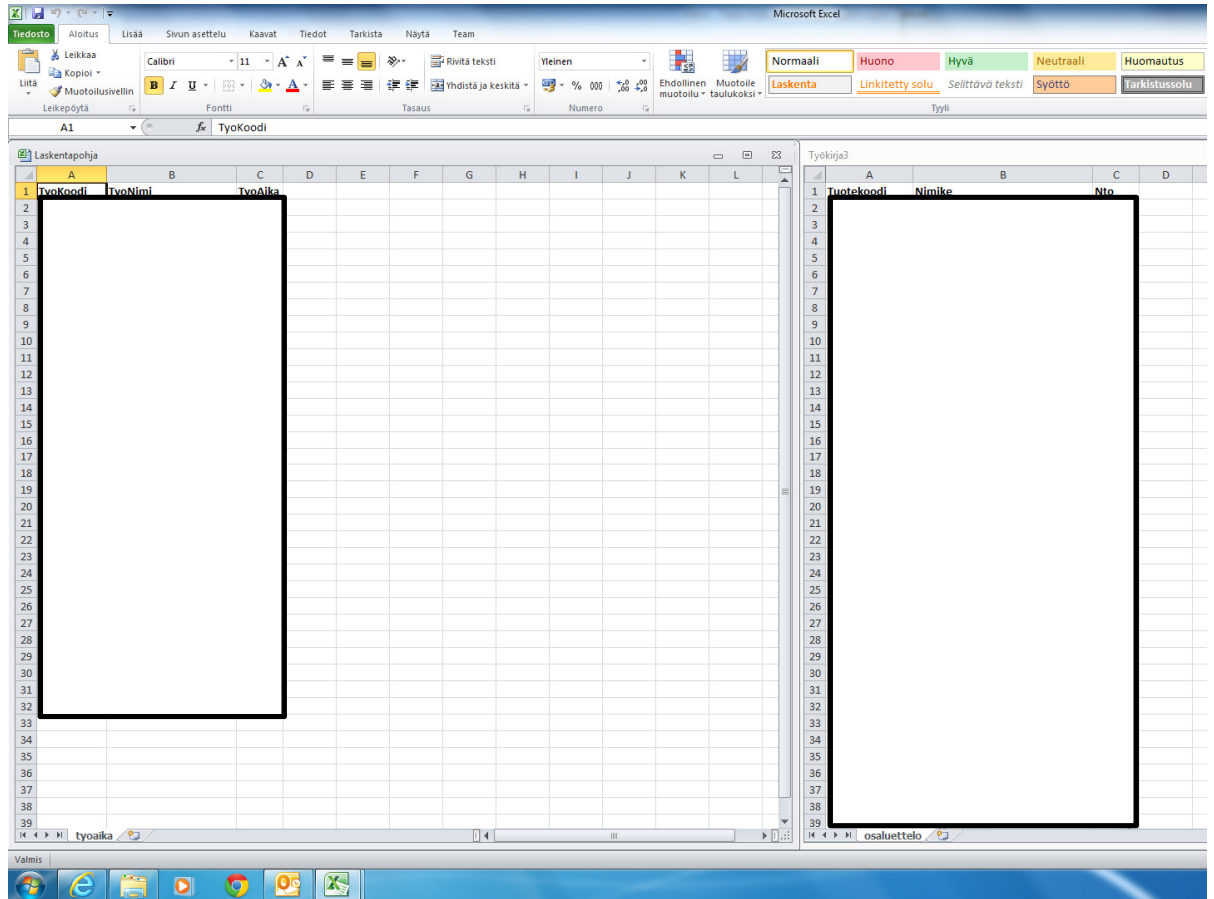
Kuva 11. Laskentapohjan luomisprosessi

4.1 Excel-pohjan perustaminen

Laskentapohja koostuu kolmesta osasta. Osat ovat: varsinainen asennettava osa, asennuksessa käytettävät tarvikkeet ja asennustyö. Näiden perusteella voidaan määritellä osakohtaisesti hinta asennettuna. Lisäksi hinnoittelu tehdään joka vaiheessa nettona ja katteellisena hintana. Veron osuus lisätään hintaan vasta Ventuksessa, mutta selvyuden vuoksi verollisuus huomioidaan myös testilomakkeessa.

Laskentapohjaan luodaan kaksi taulukkoa. Toinen on osia ja toinen työaikoja varten, näin saadaan selkeämpi jaottelu hakukriteereitä varten. Tämä laskentapohjan

rakenne mahdollistaa myös pohjan laajentamisen myös muiden vakiomallien hinnoittelua varten. Laskentapohjan esimerkki on kuvassa 12.



Kuva 12. Laskentapohjan esimerkki

4.2 Työaikojen kellottaminen ja tallentaminen Exceliin

Työaikojen kellotus tehtiin alusta alkaen, koska yrityksen käyttämä runkorakenne on muuttunut täysin ja tämän myötä myös työajat. Vanhat työajat olivat tässä vaiheessa täysin hyödyttömiä rungon kokoamisen osalta, mutta yksittäisten osien kiinnittämisen aikoja voidaan hyödyntää tarpeen vaatiessa. Tämä vaihe suoritettiin paikan päällä yrityksessä ja se vaatikin eniten läsnäoloa koko työssä. Kellotuksen periaatteena oli mitata jokaisen osakokonaisuuden asennusaika ja lisäksi mallikappaleen kokoamisen kokonaisaika. Tämän jälkeen erilaisten rakenteiden las-

kenta on helppoa, kun tiedetään osan kiinnitykseen tarvittava aika ja kiinnittämi-
seen käytettävät tarvikkeet.

Pienimpänä aikayksikkönä käytettiin sekuntia, koska tätä tarkempaan mittaukseen
ei ole syytä mennä kokonaisuuksien asennuksessa. Kuvassa 13 on tuloksia työ-
aikojen kellottamisesta.

| 600mm leveä, 9 mittarin keskus | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------------|--------------|---------------|------------------|------------|----------------|-----------------|---------------------|--|
| Keräilyaika sisältyy kokoamis aikaan | | | | | | | | | | | |
| Osakoodi | OsaNimike | OsaKpl | OsaLisätieto | TarvikeKoodi | TarvikeNimike | TarvikeLisätieto | TarvikeKpl | OsaAsennusaika | OsaKokonaisaika | OsaAsennusLisätieto | |
| | | | | | | | | | | | |

Kuva 13. Kellotustulosten tallennustaulukko

Työaikojen kellottaminen tehtiin kokonaisuudessaan 600 mm leveän ja yhdeksän
ristikon sähkömittauskeskuksen kokoamisen aikana. Lisäksi koottiin runko 450
mm leveää kuuden ristikon sähkömittauskeskusta varten. Jälkimmäinen keskus
kootaan loppuun myöhemmin ja sen avulla tehdään tarkistusmittaukset työajoille.
Lisäksi toisen keskuksen kokoamisessa voidaan kokeilla kehitettyjä työmenetelmiä
ja niiden vaikutusta työaikaan.

Näistä työajoista muodostettiin työvaiherekisteri, eli jokaiselle vaiheelle annettiin
yksilöllinen työvaihekoodi, jota voidaan helpommin hyödyntää työvaihehakua käy-
tettäessä. Taulukossa 2 on esitettyinä työvaiheet.

Taulukko 2. Työvaihekoodit

| TyoKoodi | TyoNimi | TyoAika | KokonaisAika |
|----------|---------|---------|--------------|
|----------|---------|---------|--------------|

4.3 Tuotetietojen noutaminen Ventuksesta ja siirtäminen Exceeliin

Tuotetietojen hakeminen laskentapohjaan suoritettiin manuaalisesti. Työn suorittamisen kannalta oli yksinkertaisinta kirjoittaa tiedot oman pohjan mukaisesti yksitellen. Tuotetietojen kappalemäärä on niin pieni, että ajallisesti tämä oli kannattavin ratkaisu. Lisäksi lopullista laskentapohjaa varten suoritettiin tuotehintojen tarkistus ja päivitys. Taulukkoon 3 on koottu tuotetiedot nettohintoineen. Taulukko on suora kopio laskentapohjasta, joten kaikki tiedot voi olla muotoilemattomia.

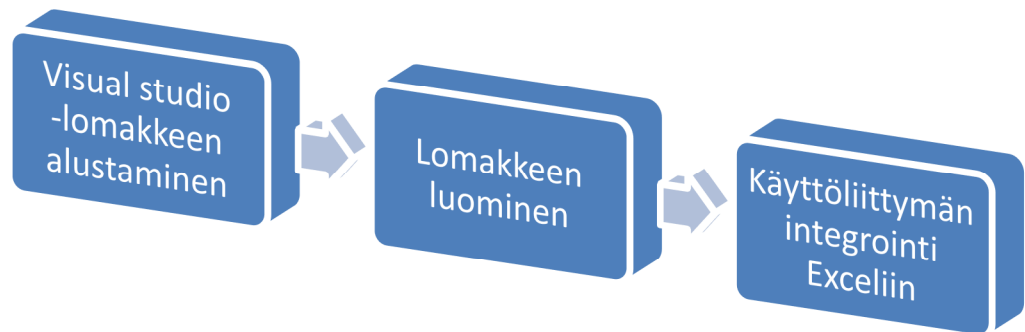
Taulukko 3. Tuoteluettelo

| Tuotekoodi | Nimike | Nto |
|------------|--------|-----|
|------------|--------|-----|

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea kaikkien vakiomallisten sähkönmittauskeskusten hinnat. Tässä keskitytään kuitenkin vähintään kuuden mittarin keskuksiin ja mittarimäärää voidaan kasvattaa kolmen mittarin kokonaisuuksina. Lisämitarit saadaan yksinkertaisesti siten, että lasketaan ensin pääkentän hinta (kuuden tai yhdeksän mittarin keskus) ja tähän liitetään lisäkenttinä kuuden tai yhdeksän mittarin lisäkenttiä tarpeen mukaan.

5 KÄYTTÖLIITTYMÄN LUOMINEN LASKENTAPOHJAAN

Käyttöliittymä tehtiin vain laskennan testausta varten, mutta se toimitettiin myös yrityksen käyttöön. Tätä laskentapohjaa on erittäin helppo laajentaa muidenkin vakiomallien laskentaan, tuomalla työ- ja tuotetiedot laskentapohjaan ja lisäämällä hakukriteereitä käyttöliittymään. Kuvassa 14 selvennetään käyttöliittymän luominen.



Kuva 14. Käyttöliittymän luomisprosessi

Lomakkeen alustamistoimenpiteisiin kuului oikeiden ohjelmistokirjastojen haku, aktivoiminen ja käyttöönotto Visual Studiassa.

5.1 Käyttöliittymän luominen Microsoft Visual Studiolla

Käyttöliittymän ulkoasusta ja sen sisältämästä tiedosta päätettiin yhdessä toimeksiantajayrityksen kanssa. Myös laskennan perustiedot liitettiin käyttöliittymään, koska niitä ei taulukossa ole. Yrityksen omassa toiminnanohjausjärjestelmässä perustiedot ovat tallennettu ja sitä kautta käytettävissä.

Lomake muodostettiin Visual Studio Forms -ohjelmistolla ja kaikki näkyvät objektit saatiin valmiina ohjelman valikoista. Kuvassa 15 esitetään laskentalomake.

| Kokonaishinta: | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------|------------------|
| Työ | 9999,99 € | Työaika | 9999,99 tuntia |
| Tarvikkeet | 9999,99 € | | |
| Nettohinta | 9999,99 € | Myyntihinta | 9999,99 € |

Kuva 15. Laskentalomake, testausta varten

5.2 Käyttöliittymän integrointi Exceliin

Käyttöliittymän integrointi eli yhteyden muodostus Excelin laskentataulukoihin tapahtui Visual Studion valmiiden käskypohjien mukaan. Alustamisen jälkeen määriteltiin hakemistopolku, johon Excel-taulukko oli tallennettu. Kun kaikki alustavat

toimenpiteet oli suoritettu ja yhteys testattu, kirjoitettiin toiminnallinen ohjelmakoodi. Ohjelmakoodi kirjoitettiin C#-ohjelmointikielillä ja se sisälsi tarvittavat haku-toiminnot, joiden mukaan sähkömittauskeskuksen hinta lasketaan annettujen perustietojen ja muiden valintojen mukaan. Kuvassa 16 esitetään lomakkeen C# ohjelmakoodia.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
using Office = Microsoft.Office.Core;

namespace Keskuslaskenta
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        string tuotenimi, tuotekoodi;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }

    public class ExcelApplication
    {
        [STAThread]
        static void Main()
        {
            Application.EnableVisualStyles();
            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
            Application.Run(new Form1());

            // tästä alkaa
            string Path = @"C:\temp\Laskentapohja.xlsx";
            Excel.Application app = new Excel.Application();
            Excel.Workbook workBook = app.Workbooks.Open(Path, 0, true, 5, "", "", true,
                Excel.XlPlatform.xlWindows, "\t", false, false, 0, true, 1, 0);
            Excel.Worksheet workSheet = (Excel.Worksheet)workBook.ActiveSheet;

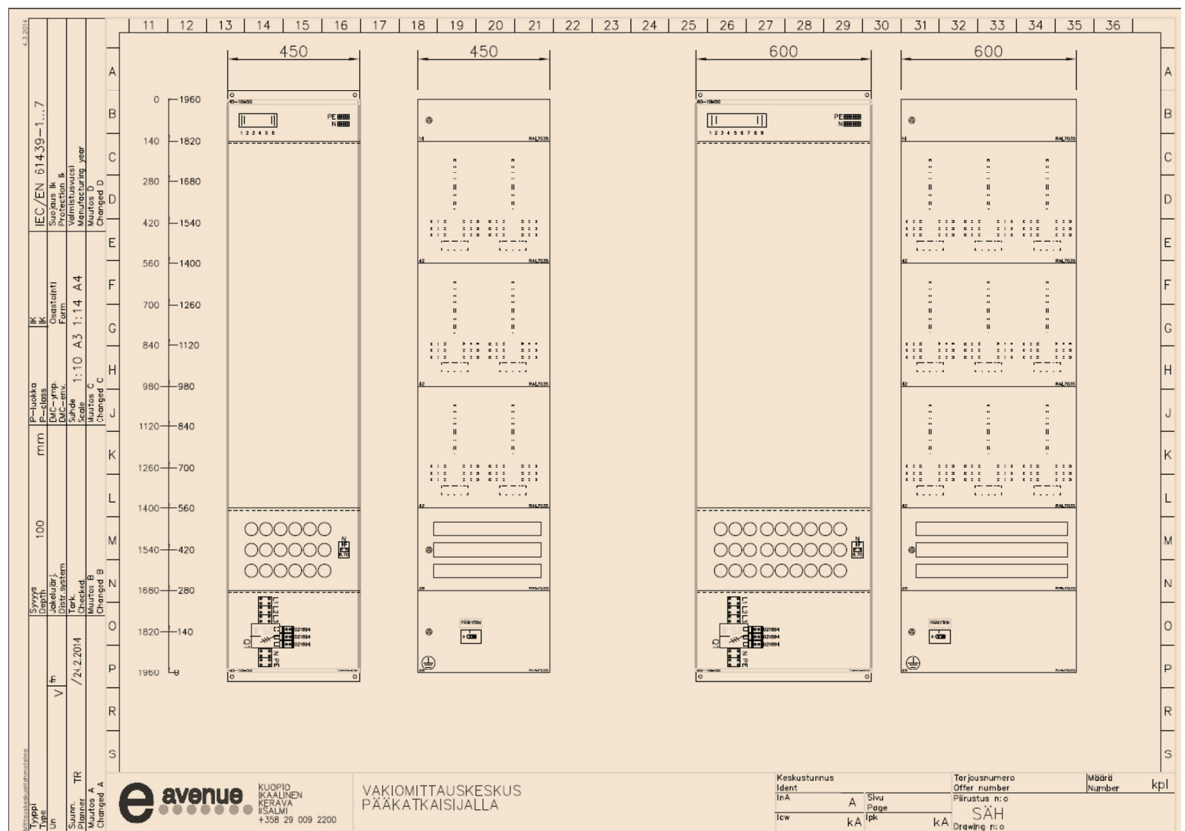
```

Kuva 16. Lomakkeen koodi

6 VAKIOMALLIEN SUUNNITTELU

6.1 Vakiomallien suunnittelu

Vakiomallien suunnittelun lähtökohtana oli edullisesti toteutettava ja tuotannossa nopeasti koottava sähkömittauskeskus. Tämän vuoksi osien sijoitteluun ja komponenttien valintaan käytettiin runsaasti aikaa. Ensimmäiset vakiomallit päädyttiin toteuttamaan useiden vanhojen pohjien mukaisesti ja komponentit valittiin varastotuotteiden joukosta, tämä nopeutti projektin läpivientä. Kuvassa 17 on keskuslayout vakiomallisista mittauskeskuksista pääkatkaisijalla ja kuvassa 18 on keskuslayout vakiomallisista lisäkentistä. Suunnittelu toteutettiin kojekaavio-mallilla, eli piirustuksessa esitetään kojeet yksinkertaistettuna ilman kytkentöjä (Ahoranta, 2013, 135).

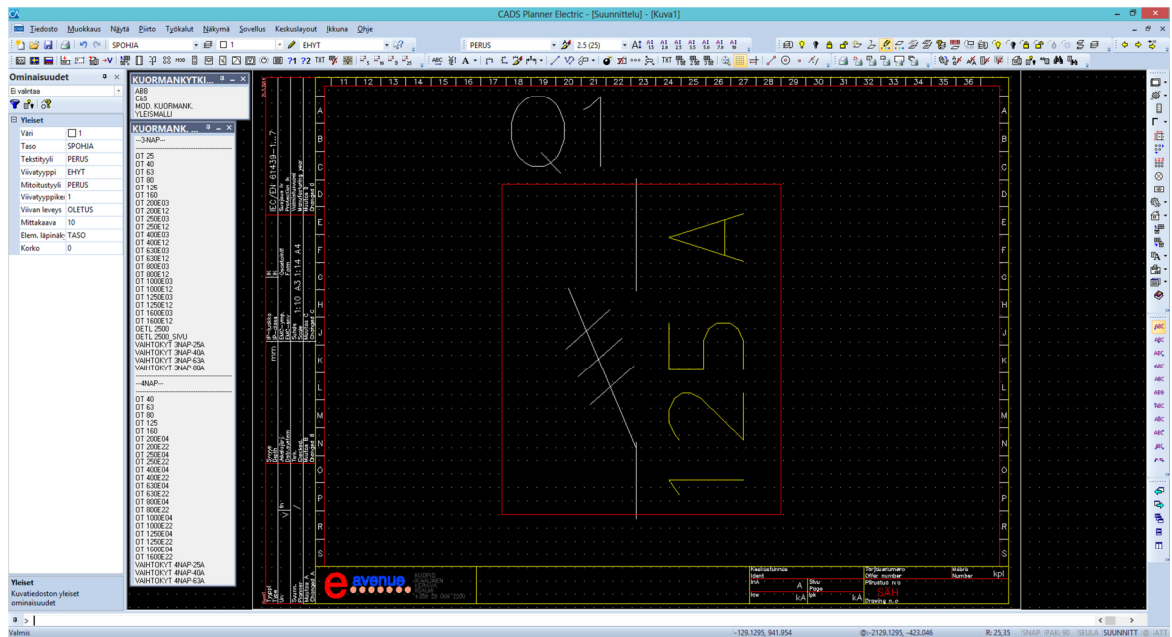


Kuva 17. Sähkömittauskeskusten vakiomallit, pääkentät

6.2 Vakiomallien luominen symboliksi

Nämä suunnitellut vakiomallit tehdään myöhemmin CADs-ohjelman symboleiksi toimeksiantajayrityksessä. Kuvassa 19 on pääkytkimen piirrosmerkki luotuna symboliksi. Tämä muutos kannattaa ennen kaikkea siksi, että suunnittelussa voidaan vakiomalli ottaa suoraan symbolivalikosta, eikä jokaista komponenttia tarvitse erikseen hakea omista valikoistaan. Tämä edesauttaa ja nopeuttaa suunnittelun työtä, kun suunnitellaan keskuksia, joihin tarvitsee liittää mittauskeskuksia.

Symbolin luominen on varsin yksinkertainen toimenpide, kunhan on ensin piirretty valmiiksi kokonaisuus. Valmis piirros vain tallennetaan omana kokonaisuutenaan ja kopioidaan CADs-ohjelman symbolikirjastoon, eli kansioon mistä muutkin symbolit löytyvät. Tämän jälkeen symbolin linkitys tehdään halutun valikkorakenteen alle.



Kuva 19. Piirrossymboli, pääkytkin

Valikkorakenne luodaan CADs-ohjelmassa K-ohjelmointikoodin avulla. Tämä on täysin suomenkielistä koodia CADs-ohjelman käyttöä varten. Kuvassa 20 on malli koodista, jota on erittäin helppo tulkita. Vaikein tulkinta on tiedostonimissä, jotka on tehty yrityksen oman logiikan mukaan.

```

"----TAKAKATOT----"
EROTIN
"300_SILEÄ", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOSILEÄ300^#", "Hae symboli "
"450_SILEÄ", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOSILEÄ450^#", "Hae symboli "
"600_SILEÄ", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOSILEÄ600^#", "Hae symboli "
"750_SILEÄ", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOSILEÄ750^#", "Hae symboli "
"300_TUULETUS", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOTUUL300^#", "Hae symboli "
"450_TUULETUS", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOTUUL450^#", "Hae symboli "
"600_TUULETUS", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOTUUL600^#", "Hae symboli "
"750_TUULETUS", "^E^Ekeslosha110 E-TAKAKATTOTUUL750^#", "Hae symboli "
EROTIN
"-KESKIKATTO(SYVÄ R.)-"
EROTIN
"300_SYVÄ_R", "^E^Ekeslosha110 E-KESKIKATTOSYVÄ300^#", "Hae symboli "
"450_SYVÄ_R", "^E^Ekeslosha110 E-KESKIKATTOSYVÄ450^#", "Hae symboli "
"600_SYVÄ_R", "^E^Ekeslosha110 E-KESKIKATTOSYVÄ600^#", "Hae symboli "
"750_SYVÄ_R", "^E^Ekeslosha110 E-KESKIKATTOSYVÄ750^#", "Hae symboli "
EROTIN

```

Kuva 20. CADs-ohjelman K-ohjelmointikoodi, valikkorakenne

Tätä työtä tehdessä piti käyttää useita eri komponentteja suunniteltaessa sähkömittauskeskusta. Kuvassa 21 näkyvät kaikki valikot, joista tarvittavat symbolit löytyvät. Työn tuloksena saatiin yksi symboli jokaisesta sähkömittauskeskuksesta ja lisäkentästä, ja nämä symbolit voidaan linkittää K-ohjelmointikoodilla haluttuun valikkoon. Näin suunnittelija säästää aikaa, kun isompi kokonaisuus saadaan toteutumaan kerralla.

Ominaisuudet

Ei valintaa

Yleiset

Väri 1

Taso 0

Tekstityyli PERUS

Viivatyyppe EHYT

Mitoitustyylit PERUS

Viivatyyppeket 1

Viivan leveys OLETUS

Mittakaava 1

Elem. läpinäky TASO

Korko 0

KYTKINLAIT...

Kuormankytkimet
Kytkinvarokkeet
Jonovarokeytkimet
Kompaktit
Ilmakatkaisijat
Maadoituskytk.
Vääntimet

Ohjauskojeet_kansi_KUO
Ohjauskojeet_kansi_IKA

SULAKEPOH...

25 A tulppasulakkeet
63 A tulppasulakkeet
Kahvavarokealustat

LIITTI...

KE-liittimet
KN-liittimet
YLEN-liittimet
Riviliittimet
Kiskoliittimet
Kilit
Al-kengät/OZXB
Haarotimet
Kulu-PE

RAKEN...

MIN100
MIN200
MIN300

MID100
MID200
MID300

KK

E-SARJA 1960
E-SARJA 1820
E-SARJA 1680

MIN100

POHJAT
TILAT300
TILAT450
TILAT600
PIENAT,SIVUT,TIPPUUS,
SIDEK./SADEL
LAIPAT
JALAT
KANNET_LUKKO
OVET
KULJETUSKATKOS

MIN100 POH...

POHJA 300_280
POHJA 300_420
POHJA 300_560
POHJA 300_700
POHJA 300_840
POHJA 300_1120
POHJA 300_1400
POHJA 300_1680
POHJA 300_1960
POHJA 300_2240

POHJA 450_280
POHJA 450_420
POHJA 450_560
POHJA 450_700
POHJA 450_840
POHJA 450_1120
POHJA 450_1400
POHJA 450_1680
POHJA 450_1960
POHJA 450_2240

POHJA 600_280
POHJA 600_420
POHJA 600_560
POHJA 600_700
POHJA 600_840
POHJA 600_1120
POHJA 600_1400
POHJA 600_1680
POHJA 600_1960
POHJA 600_2240

---PÄÄTY---

SILEÄ 300
SILEÄ 450
SILEÄ 600
M50 300
M50 450
M50 600

MIN100 ...

PYSTYPIENA 280
PYSTYPIENA 420
PYSTYPIENA 560
PYSTYPIENA 700
PYSTYPIENA 840
PYSTYPIENA 1120
PYSTYPIENA 1400
PYSTYPIENA 1680
PYSTYPIENA 1960
PYSTYPIENA 2240

JAKOKISKO 280
JAKOKISKO 420
JAKOKISKO 560
JAKOKISKO 700
JAKOKISKO 840
JAKOKISKO 980
JAKOKISKO 1120
JAKOKISKO 1400
JAKOKISKO 1680

SIVULEVY 280
SIVULEVY 420
SIVULEVY 560
SIVULEVY 700
SIVULEVY 840
SIVULEVY 1120
SIVULEVY 1400
SIVULEVY 1680
SIVULEVY 1960
SIVULEVY 2240

VP300
VPT300
VP450
VPT450
VP600
VPT600

SIDEK./SAD...

SIDEKISKO_YLÄ
SIDEKISKO_ALA
SIDEKISKO_JATKO

KKULMA 300 YLÄ
KKULMA 300 ALA
KKULMA 450 YLÄ
KKULMA 450 ALA
KKULMA 600 YLÄ
KKULMA 600 ALA
KKULMA 750 YLÄ
KKULMA 750 ALA
KKULMA 900 YLÄ
KKULMA 900 ALA
KKULMA 1050 YLÄ
KKULMA 1050 ALA
KKULMA 1200 YLÄ
KKULMA 1200 ALA

SADEL 300_250
SADEL 300_350
SADEL 450_250
SADEL 450_350
SADEL 600_250
SADEL 600_350
SADEL 900_250
SADEL 900_350

LAIP...

MC2x8-67
MC3
MC10
MC16
MC25
MC35

YKL21
YKL28

T532020.60
T532020.95

LAIPPA_ETU

GET M12 (3-5)
GET M16 (5-7)
GET M20 (7-10)
GET M25 (10-14)
GET M32 (14-20)
GET M40 (20-26)
GET M50 (26-35)
GET M60 (30-45)
GET M80 (40-60)

GD-48
GD-53

EAM 50-7

PK69T

EMC M12 (5-10)
EMC M16 (6-12)
EMC M20 (11-17)
EMC M25 (15-21)
EMC M32 (19-28)
EMC M40 (27-38)
EMC M50 (34-44)

KANNET

KANSI_300_140
KANSI_300_210
KANSI_300_280
KANSI_300_350
KANSI_300_420
KANSI_300_560
KANSI_300_420M2
KANSI_300_1400
KANSI_300_2800
KANSI_300_4200
KANSI_300_280T

KANSI_450_140
KANSI_450_210
KANSI_450_280
KANSI_450_350
KANSI_450_420
KANSI_450_420M2
KANSI_450_1400
KANSI_450_2800
KANSI_450_4200
KANSI_450_280T

KANSI_600_140
KANSI_600_210
KANSI_600_280
KANSI_600_350
KANSI_600_420
KANSI_600_420M2
KANSI_600_560
KANSI_600_1400
KANSI_600_2800
KANSI_600_4200
KANSI_600_280T

---KANSIKUVAKKEET---
MODULIK_3NAP
OT-KYTK_25A->80A
OT-KYTK_125A
PISTORASIA
OHJ.KYTKIN
MERKKIVALO

Yleiset

Kuvatiedoston yleiset ominaisuudet

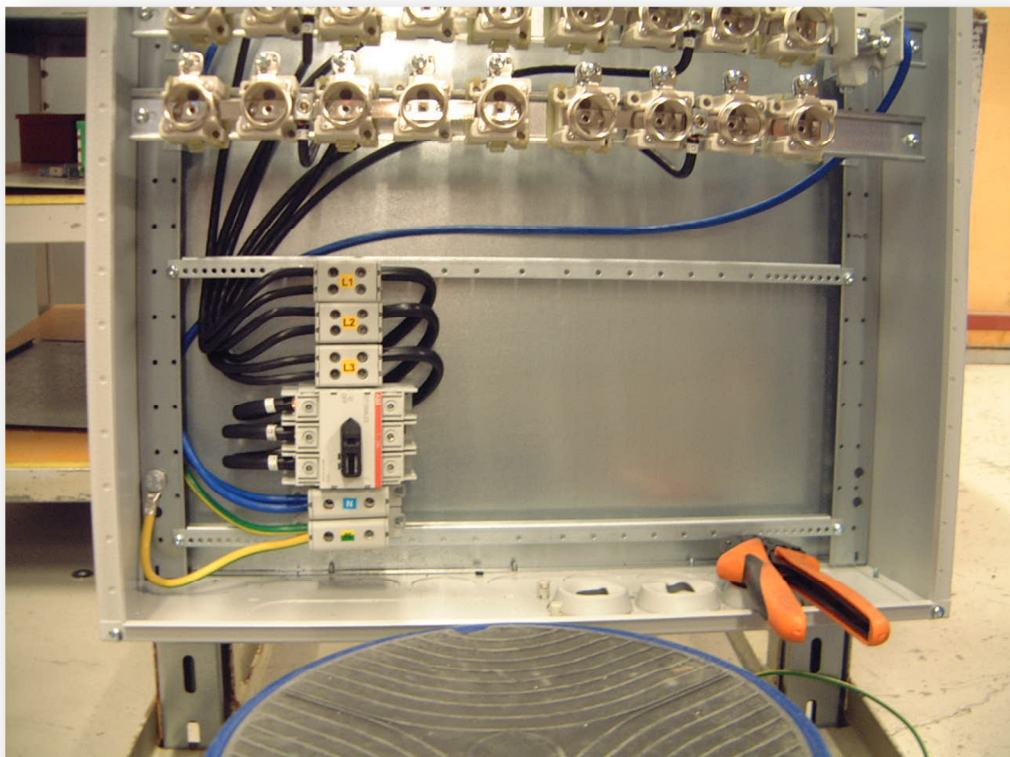
Valmis

Kuva 21. Työssä käytetyt suunnitteluvalikot

6.3 Komponenttien valinta

Komponentit valittiin varastotuotteista ja aikaisempien rakenteiden mukaan. Ensimmäiset mittauskeskukset rakennettiin poikkeuksellisesti 200 mm syvään runkorakenteeseen, koska saatavilla ei ollut 100 mm syvää rakennetta. Runkoon tarvittiin myös läpiviennit ylös ja alas sähkönsyöttöä ja lähtöjä varten. Läpivientien laipoiksi valittiin MC3- ja MC10-laipat, joissa numero kuvaa läpivientien lukumäärää.

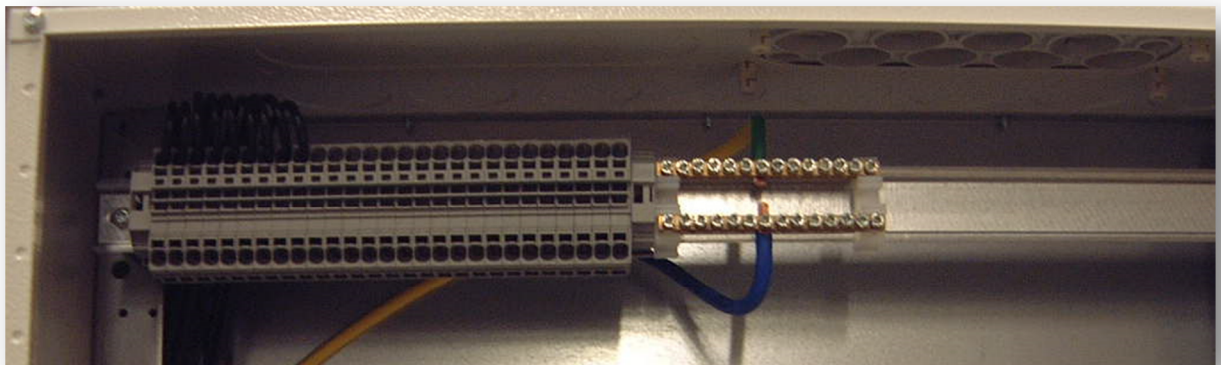
Sähkönsyöttökenttä sijaitsee keskuksen alareunassa ja kaikki komponentit sijoitettiin vasempaan reunaan, jotta asiakkaan on mahdollisimman helppoa kytkeä sähkönsyöttökaapelit tuloliittimiin. Pääkytkimeksi valittiin ABB:n 125 A:n kytkin, joka on myös näiden mittauskeskusten suurin malli. Tuloliittimet olivat ENSTOn KE66 (neljä kytkentäpaikkaa) vaihejohtimia varten ja KE62 (kaksi kytkentäpaikka) liittimet N- ja PE-johtimia varten. Kuvassa 22 esitetään sähkönsyöttökenttä komponentteineen.



Kuva 22. Sähkönmittauskeskuksen syöttökenttä komponentteineen

Mittarien nollajohdinta varten valittiin haaroitusalususta KF8.70, joka asennettiin tulppasulakepohjien kanssa samaan kenttään DIN-kiskoon. Tulppasulakepohjat ovat kolmen, neljän ja viiden pohjan nipuissa, jolloin johdinvahvuutta voitiin pienentää virtamäärien mukaan.

Mittareilta tulevat lähdöt kytkettiin ryhmittäin riviliittimille, ja riviliittimiksi valittiin WAGO:n valmistamat riviliittimet. N- ja PE-liitäntöjä varten lähtökenttään asennettiin rima, jossa on molemmille lähdöille omat kytkennät. Kuvassa 23 esitetään lähtökenttä ja liittimet.



Kuva 23. Sähkömittauskeskuksen lähtökenttä riviliittimiseen

Johdotukset tehtiin Drakan vakiojohtimilla:

- musta 35 mm², 16 mm² ja 4 mm²
- sininen 16 mm² ja 4 mm²
- keltavihreä 16 mm².

7 TULOKSET

Kyselytutkimuksen tulokset olivat ennalta arveltujen kaltaiset ja kyselyiden perusteella ei saatu uutta tietoa. Kyselytutkimusten suorittaminen oli kuitenkin välttämättöntä, koska toimialalla on ollut muutoksia, jotka liittyvät sähkökeskusten suunnitteluun ja tuotantoon. Näin ollen hyöty oli kuitenkin merkittävä, koska rakenteelle ja komponenteille saatiin vahvistus.

Laskentaohjelman pohjan rakentaminen ja työaikojen kellottaminen antoi myös tärkeää informaatiota tekemisestä. Laskentaohjelman pohjalle ei asetettu vaatimuksia, mutta se tehtiin täysin perusmallien mukaisesti. Alussa sarakkeet nimettiin sisällön mukaan ja kaikki tiedot tallennettiin otsikkotietojen alle riveittäin. Näin varmistettiin se, että laskentalomakkeelle saatiin haettua aina tarvittavan tuotteen hinta laskentaan mukaan. Työaikojen kellottamisen yhteydessä kävi jo täysin selväksi, että yhtiön nykyinen laskentamalli antaa vakiotuotetta laskettaessa väärän tuloksen. Keskuksen kokoamistyön edetessä tehtiin myös alustavaa suunnittelua tulevaisuuteen, miten kannattaa työmenetelmiä muuttaa. Kokoamisvaiheessa tehtiin pieniä muutoksia valittujen komponenttien sijoitteluun, poiketen alkuperäisestä suunnitelmasta.

Käyttöliittymän luominen Microsoft Visual Studiolla oli haasteellisin vaihe työssä. Yhteyden luominen kahden ohjelman välille ei aina ole täysin yksinkertaista. Tässä työssä täytyi aluksi päättää hakemistorakenne, johon Excelin työkirja tallennetaan. Tämä antoi mahdollisuuden Visual Studiolla tehdylle lomake-ohjelmalle löytää Excelin työkirja, jossa tarvittava laskentatieto sijaitsee. Tallennuspaikan pitää olla sama jokaisella tietokoneella, jossa laskentaa halutaan käyttää. Tämä käyttöliittymä tehtiin vain laskennan testaamista varten. Yrityksessä Excelin työkirjan sisältö siirretään yrityksen Ventus-toiminnanohjausjärjestelmään. Tietojen siirtämisen jälkeen työpaketeista rakennetaan vielä työkokonaisuudet ja liitetään tarvittavat tuotteet. Näiden toimenpiteiden jälkeen yrityksessä voidaan laskenta suorittaa helposti neljän rivin valinnalla. Tällä valinnalla tarkoitetaan sitä, että vanhan laskentapohjan mukainen rakenne säilyy edelleenkin työkaluna, mutta tälle nimenomaiselle työkohteelle tehdään omat rivit sisältäen mitatut työkokonaisuudet. Ventuksen päivit-

täminen ei kuitenkaan sisältynyt tähän työhön ja jää yrityksen sisällä suoritettavaksi toimenpiteeksi.

Sähkönmittauskeskusten vakiomallien suunnittelu tehtiin yhteistyössä yrityksen suunnittelijoiden, tuotannon ja myynnin kanssa. Aluksi päätettiin sähkönmittauskeskuksen perusrakenne ja siinä päädyttiin malliin, jossa tulppasulakkeet ryhmitettiin omaan osaan, eikä mittareiden yhteyteen. Tämä malli sopi myös paremmin käytettävään runkorakenteeseen. Suunnittelu tehtiin yhtiön tiloissa CADS-ohjelmalla, käyttäen yrityksen omia asetuksia, parametreja ja symboleita. Sähkönmittauskeskukset piirrettiin vakiopohjaan ja piirustukseen merkittiin vain komponentit. Tämä on yleinen tapa suunnitella sähkökeskuksia ja nopeuttaa suunnittelua, kun johdotuksia ei liitetä kuviin. Johdotus tehdään piirikaavioiden mukaan, jotka saadaan tilaajalta. Sähkönmittauskeskusten johdottaminen on perustoimenpide, jonka jokainen työntekijä hallitsee ja yrityksestä löytyy myös johdotusmalli. Lisäksi johtimet piti merkitä vakiomerkintämallin mukaan, joka on määritelty standardeissa.

Vakiomallit muodostettiin CADS-ohjelmaan symboliksi aivan yhtä helposti, kuin mikä tahansa muukin komponentti. Valmiista CADS-piirustuksesta tehtiin vain symbolitallennus ja siirrettiin tämä CADS-ohjelman oikeaan tiedostokansioon. Tämän jälkeen symbolit lisättiin omiin valikkorakenteisiinsa. Tässä rakenteessa symboli koostuu useasta eri symbolista, mutta CADS-ohjelma pystyy käsittelemään sen hienosti. Tämä myös helpottaa ja nopeuttaa suunnittelun työtä, kun koko keskuksen voi hakea yhtenä symbolina piirustukseen ja siirtää osaluettelon CADS-ohjelmasta Ventus-ohjelmaan, kuten muutkin suunnitellut sähkökeskukset.

Komponenttien valinta suoritettiin myynnin kanssa yhteistyössä. Tämän työn aikana valmistetuissa sähkönmittauskeskuksissa käytettiin osaluettelon mukaisia komponentteja. Komponenttivalintoihin tehtiin muutamia muutoksia kokoamisvaiheen aikana, rakenteen ja toiminnallisuuden parantamiseksi.

8 POHDINTA JA YHTEENVETO

Työn tavoite saavutettiin täysin ja toissijaisesta tavoitteesta saavutettiin symbolien luominen. Ainoastaan toissijaisena tavoitteena olleet muutokset CADS-ohjelmaan jäivät tekemättä. Tämä johtui siitä, ettei toiminnallisuuksien muuttamisesta oltu vielä tehty päätöksiä, lisäksi aikataulu oli kireä. Toiminnallisuuksien muutokset saatetaan vielä suorittaa tämän työn ulkopuolella. Tietojen vieminen yrityksen toiminnanohjausohjelma Ventukseen ja pakettien luominen jäi yrityksen suoritettavaksi. Ventus-ohjelmaan päivitykset ja muutokset suorittaa vain ulkopuolinen ohjelmistotalo.

Työaikojen kellotuksen yhteydessä havaittiin suuri poikkeama laskennan antaman työajan ja todellisen työajan välillä. Tämä johtuu täysin siitä, että ohjelmisto on tarkoitettu räätälöityjen sähkökeskusten hinnanlaskentaan. Räätälöidyissä sähkökeskuksissa pitää huomioida suunnittelu ja aloituskustannuksia jokaista keskusta varten. Ohjelmalla lasketaan kaikenlaiset sähkökeskukset, ei ainoastaan sähkönmittauskeskuksia. Tässä vaiheessa saatiin varmistus työn hyödyllisyydelle yrityksessä ja todistettiin selkeästi ennakkoon arveltu tosiasia, että ohjelma ei toimi oikein vakiomallisten sähkökeskusten laskennassa.

Lisäksi kokoamistyön aikana merkittiin useita työvaiheita turhaksi, vaarantamatta lopputuloksen laatua. Esimerkiksi sähkömittareiden kiinnityspulttien ja muttereiden kiinnittäminen mittariristikoihin on turha työ, koska sähkömittarin asentaja joutuu ne kuitenkin irrottamaan. Kiinnitystarvikkeet kannattaakin jatkossa laittaa pussissa sähkömittauskeskuksen mukaan. Kaikkia johtimia ei kannata laittaa nippusiteillä tai ankkureilla yhteen, vaan johtimet voivat olla vapaasti sähkömittauskeskuksen sisällä.

Kokoamistyön suorittamistapaa muuttamalla säästetään myös työaikaa, eli sähkömittauskeskuksen runkoa ei kannata nostaa pystyyn johdottamista varten. Pystyyn nostamista varten on runkoon ensin kiinnitettävä jalat ja sähkömittauskeskusta lähetettäessä jalat on irrotettava. Johdottaminen voidaan suorittaa vaakatasossa, jolloin nämä turhat työvaiheet jäävät pois.

Johdotusta helpottamaan ideoitiin sapluuna, jonka mukaan sähkömittauskeskukseen kannattaa tehdä valmiita johtosarjoja. Nämä johtosarjat muodostettaisiin kolmen päällekkäisen sähkömittarin tarpeisiin, eli sähkömittauskeskuksen mallista riippuen johtosarjoja menisi kaksi tai kolme yhtä sähkömittauskeskusta kohden. Sapluuna onnistuisi yksinkertaisimmillaan puukehyksen ja vanerilevyn avulla, levyyn porattaisiin reiät johtimien asennuskohtien kohdalle. Johtimet olisi yksinkertaista pujottaa reiästä puumallin rungon pohjaan ja toinen pää johdotusmallin mukaisesti toiseen reikään. Lisäksi johdinten merkinnän helpottamiseksi yritys voisi hankkia valmiiksi merkittyä johdinta tarpeiden mukaan. Johtosarjojen valmistus voisi tapahtua ns. joutoaikoina ja vaikka työharjoittelijoiden avulla.

Edellä mainittujen työmenetelmä- ja työtapamuutosten avulla säästettäisiin työaikaa arviolta noin neljäsosa eli varsin merkittävästi. Pelkästään turhiksi todettujen työvaiheiden ja menetelmien karsiminen alentaisi työaikaa kahdeksasosan verran.

Komponenttivalintoja pohdittiin uudelleen ja jatkossa runkorakenteena käytetään 100 mm syvää runkoa ja sähköiset komponentit tullaan vaihtamaan toisen valmistajan tuotteisiin. Näillä muutoksilla saadaan koko sähkömittauskeskuksen tuotantohintaa alemmaksi.

Työ antoi myös selvän todistuksen siitä, että yrityksen kannattaa panostaa vakiomallien suunnitteluun muissakin sähkökeskuskomplexeissa. Yritykselle saadaan vahvempaa kilpailukykyä markkinoilla ja tuotteita enemmän kaupaksi. Näin toimimalla taataan yritykselle hyvä työllisyystilanne ja työpaikkojen säilyminen tulevaisuudessa.

Monesti tämänäyttävät vakiomallien suunnittelu ja toteutus nähdään negatiivisesti ja ajatellaan työpaikkojen katoavan, kun vakiomallit teetetään koneilla. Tässä tapauksessa käy kuitenkin täysin päinvastoin, koska yrityksessä tuotetaan kaikki sähkökeskukset käsityönä. Tämän vakiomallisuunnittelun avulla yritys pääsee parempaan kilpailuasemaan ja myy tuotteitaan enemmän. Vakiomallien valmistus koneilla olisi myös täysin mahdollista, mutta ennen suuria investointeja kannattaa laskea tarkasti investoinnin kannattavuus arvioidun menekien perusteella.

LÄHTEET

E Avenue Oy yritysesittely. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. E Avenue Oy. [Viitattu 4.2.2014]. Saatavana: <http://eavenue.fi/yritys.html>

SGS yritys. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. SGS. [Viitattu 4.2.2014]. Saatavana: <http://www.sgs.fi/fi-FI/Our-Company/About-SGS/SGS-in-Brief.aspx>

Ventus-toiminnanohjausjärjestelmä. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Nisamest Oy. [Viitattu 4.2.2014]. Saatavana: <http://www.nisamest.fi/ventus-software/>

CADS ohjelma. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kyndata Oy. [Viitattu 4.2.2014]. Saatavana: <http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/S%C3%A4hk%C3%B6%20ja%20automaatio/>

Mittalaitetilat ja lukitus. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Helsingin energia Oy. [Viitattu 9.4.2014]. Saatavana: <https://www.helen.fi/Documents/Suunnittelijat%20ja%20urakoitsijat/HSV/HSV-energiamittaus-mittalaitetilat-Su30309.pdf>

Mäkinen, MJJ. 2001. Sähkötekniikan perusoppi 1: Sähkö- ja työturvallisuus. Uudistetun laitoksen 2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Ahoranta, J. 2013. Sähköasennustekniikka. 11. uudistettu painos. Helsinki: Sano-ma Pro Oy.

LIITTEET

LIITE 1 Ventuksen laskentapohja

