

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sami Siponen

SÄHKÖKESKUKSEN SUUNNITTELU OPETUSKÄYTTÖÖN

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
(013) 260600

Tekijä
Sami Siponen

Nimeke
Sähkökeskuksen suunnittelu opetuskäyttöön

Toimeksiantaja
Karelia-amk

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella sähkökeskus Karelia-ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutusohjelman opetuskäyttöön. Työssä perehdytään sähkökeskusten suunnittelua koskeviin standardeihin ja muihin suunnittelussa huomioon otettaviin asioihin. Työn lopussa tarkastellaan opinnäytetyön tuloksena syntyneitä sähköpiirustuksia ja arvioidaan, vastaavatko ne projektille määritettyjä tavoitteita. Opinnäytetyön suunnittelu toteutettiin Cads Planner Client 16 -suunnitteluohjelmalla.

Suunnittelun lähtökohtana oli selvittää jakokeskustandardin SFS-EN 601439 asettamat vaatimukset sähkökeskuksen suunnittelulle. Työssä paneudutaan tarkemmin keskuksen komponenttien valintaan sekä käytettävien suojalaitteiden mitoitukseen ja suunnittelu-prosessin vaiheisiin. Opinnäytetyöhön sisältyy lisäksi selvitys, jonka tarkoituksena oli selvittää, löytyykö muista talotekniikkaa opettavista ammattikorkeakouluista vastaavaan tarkoitukseen käytettäviä sähkökeskuksia.

Kieli
suomi

Sivuja 36
Liitteet 8
Liitesivumäärä 14

Asiasanat

sähkökeskus, jakokeskus, sähkösuunnittelu, standardisointi, CADs



THESIS
June 2016
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
+358 (013) 260600

Author
Sami Siponen

Title
Electrical Design of Switchboard for Educational Purposes

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

The aim of this thesis was to design a switchboard for educational purpose of degree program in building services engineering at Karelia University of Applied Sciences. The study deals with standardization related to planning of the switchboards and other issues to be considered in the process. In the end of the study the electrical drawings of the switchboard are introduced and it is considered if they match the defined aims. The electrical design was made with CADS Planner Client 16 planning software.

The baseline of the planning was to present what kind of demands the standard SFS-EN 61439 related to distribution boards set to the planning of the switchboard. The work deals with the choice of switchboard components, sizing of the electrical circuit protection devices used in the project and the phases of the planning process in detail. The thesis also includes a statement, the purpose of which was to examine if there are similar switchboards used for the same purpose at other Universities of Applied Sciences, which have education of building services engineering.

Language
Finnish

Pages 36
Appendices 8
Pages of Appendices 14

Keywords

switchboard, distribution board, electrical design, standardization, CADS

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Sähkökeskus osana sähköasennusta	7
2.1	Hyvä sähkökeskus	7
2.2	Sähkökeskuksia koskevat säädökset ja standardit	8
2.3	Jakokeskusstandardi	10
3	Opetussähkökeskuksen suunnittelun lähtökohdat	10
3.1	Opetussähkökeskuksen suunnittelua ohjaavat standardit	11
3.2	Opetuskäytön asettamat vaatimukset sähkökeskukselle	12
3.3	Opetuskäyttöön tarkoitetut keskuksat muissa oppilaitoksissa	14
4	Opetussähkökeskuksen suunnitteluprosessi	15
4.1	Suunnitteludokumentoinnin vaatimukset	15
4.2	Projektin alkukartoitus	16
4.3	Keskuksen komponenttien määrittäminen	16
4.3.1	Ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus	17
4.3.2	Lisäsuojaus	20
4.4	Keskuspohjan valinta	21
4.5	Suunnitteludokumenttien laatiminen	22
5	Opetussähkökeskuksen sähkösuunnitelmat	23
5.1	Projektin piirustus- ja tarvikeluettelo	24
5.2	Keskuksen kansilehti ja kokoonpanokuva	24
5.2.1	Opetussähkökeskuksen sähköselitys	25
5.2.2	Ryhmien jaottelu keskuksessa	25
5.3	Keskuksen pääkaavio	26
5.3.1	Johdonsuojakatkaisijoiden valinta	27
5.3.2	Keskuksen energiamittarit	27
5.3.3	Keskuksen KNX-järjestelmä	28
5.4	Keskuksen SLY 1.2 -kytkennän piirikaavio	29
5.5	UPS-moduulikotelon piirustukset	30
5.6	Vikasimulaatiokotelon piirustukset	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1	Piirustusluettelo
Liite 2	Tarvikeluettelo
Liite 3	Opetussähkökeskuksen kansilehti
Liite 4	Opetussähkökeskuksen kokoonpanokuva
Liite 5	Opetussähkökeskuksen pääkaavio
Liite 6	SLY 1.2 -kytkennän piirikaavio
Liite 7	UPS-moduulikotelon piirustukset
Liite 8	Vikasimulaatiokotelon piirustukset

Lyhenteet

ABB	Asea Brown Boveri, ruotsalais-sveitsiläinen sähkövoima- ja to- maatioteknologiayhtymä.
AC	Alternating current, vaihtovirta.
CENELEC	European Committee For Electrotechnical Standardization, eu- rooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö.
ETA	Euroopan talousalue.
EU	Eupooan Unioni.
EY	Euroopan Yhteisöt.
IEC	International Electrotechnical Comission, kansainvälinen sähkö- alan standardisointiorganisaatio.
IP	Ingress Protection, kotelointiluokka.
KNX	Kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi.
KTMp	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös.
kWh	Kilowattitunti, sähköenergian yksikkö.
mA	Milliamppeeri, sähkövirran yksikkö.
MK	Muovieristeinen muutamalankainen johdin.
MMJ	PVC-muovieristeinen asennuskaapeli.
N	Nolla (johdin tai -kisko).
PELV	Protected extra-low voltage, pienoisjännitejärjestelmä, jossa jännitteen ylärajana on 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajänni- tettä.
PE	Suojamaadoitus (johdin tai -kisko).
SELV	Separated extra-low voltage, maasta erotettu pienoisjännitejär- jestelmä, jossa jännitteen ylärajana on 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto.
SLY	Sähkölaitosyhdistyksen suosituksen SLY7/92 mukainen kytken- täsuositus sähkölämmityksen ohjaukseen.
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö.
UTU	Urho Tuominen -konserni, sähköalan yritys.
VA	Volttiampeeri, pätötehon yksikkö.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella opetuskäyttöön kiinteistön sähköpääkeskus, joka palvelee Karelia-ammattikorkeakoulun syksyllä 2014 alkaneen talotekniikan koulutusohjelman tarpeita. Tätä edellä mainittua sähköpääkeskusta koskevissa viittauksissa käytetään tässä raportissa yleisesti sanaa opetussähkökeskus.

Talotekniikan koulutusohjelman tehtävänä on antaa opiskelijoille laaja-alainen pohja nykyaikaisen talotekniikan järjestelmien toiminnan ymmärtämiseen kokonaisuutena. Siksi tarvitaan toimivia ja monipuolisia oppimisympäristöjä palvelemaan sekä opiskelijoita että opettajia. Talotekniikan koulutusohjelma pitää sisällään sähkötekniikan, automaatio- ja turvatekniikan sekä LVI-tekniikan opintoja, joten kaikki nämä talotekniikan koulutuksen osa-alueet tuli ottaa huomioon sähkökeskuksen suunnittelussa. [1.]

Opinnäytetyössä perehdytään opetussähkökeskuksen suunnitteluprosessiin ja sen eri vaiheisiin. Työssä käydään läpi sähkökeskuksen suunnittelua ohjaavia standardeja ja määräyksiä sekä muita suunnittelussa huomion otettavia asioita. Yhtenä osana työtä on muihin ammattikorkeakouluihin suunnattu kartoitus, jonka tarkoituksena oli selvittää, löytyykö muista talotekniikkaa opettavista ammattikorkeakouluista vastaavaan tarkoitukseen käytettäviä sähkökeskuksia. Työn loppupuolella tarkastellaan opetussähkökeskuksen suunnittelun tuloksena syntyneitä sähköpiirustuksia ja arvioidaan, vastaavatko suunnitelmat niille asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia.

2 Sähkökeskus osana sähköasennusta

Sähköpääkeskus on yksi tärkeä osa sähköasennusta. Sen avulla sähköenergia tuodaan jakeluverkosta, muuntajasta tai generaattorista ja jaetaan joko suoraan kulutuspisteisiin tai nousu- tai ryhmäkeskuksiin lähemmäksi kulutuspisteitä. Pääkeskukseen yleensä sisällytetään sähköenergian mittaus, jonka avulla järjestetään sähkönloppukäyttäjän laskutus. Mittauspalveluna voi olla yksiaikainen tuntimittaus, kaksiaikainen yö- ja päiväkulutuksen mittaus, kausimittaus tai tuntimittaus. Paikallinen jakeluverkkoyhtiö hoitaa mittauspalveluiden järjestämisen ja sähkön siirtopalvelun laskuttamisen sekä ilmoittaa mittautiedot sähkönmyyjälle, joka hoitaa sähköenergian laskuttamisen. Sähkönloppukäyttäjän laskutus perustuu sekä siirtopalvelun että sähköenergian osalta sähkön kulutukseen. [2, s. 6–10; 3; 4.]

2.1 Hyvä sähkökeskus

Viranomaissäädökset ja standardit määrittävät keskuksen rakenteelle perusvaatimukset, joiden mukaan rakennettu keskus on turvallinen käyttää. Säädösten ja standardien mukaan rakennetun keskuksen kotelointi ja kosketussuojaus on kunnossa ja keskuksen suojalaitteet ja muut komponentit on valittu oikein ja asennettu komponenttivalmistajan tarkoittamalla tavalla. Kun nämä asiat on otettu huomioon, keskus ei aiheuta sähköiskun varaa tai palovaaraa. Lisäksi keskuksen merkinnät ja dokumentointi ovat tällöin selväpiirteiset ja paikkansa pitäviä, jolloin niitä on helppo käyttää keskuksen oikeaoppiseen asennukseen, käyttöön ja huoltoon. [2, s. 8.]

Hyvä sähkökeskus toimii oikein ja ilman häiriöitä sille tarkoitetussa käyttöpai-
kassa. Keskuksen sisäinen lämpötila ei saa nousta liian korkeaksi eikä kompo-
nenttien liitokset saa lämmetä liikaa käytössä. Muuten keskuksen toiminta voi
häiriintyä ja komponenttien eristeaineiden ominaisuudet vanheta liian nopeasti.
[2, s. 8.]

Hyvän sähkökeskuksen suunnittelussa on otettu huomioon keskuksen asennettavuus. Keskukseen liitettävät kaapelit, asennusputket, johtokanavat tms. tulee voida liittää niille tarkoitettuihin liittimiin mahdollisimman helposti kaapeleiden mekaaniset ominaisuudet huomioon ottaen. Lisäksi hyvässä sähkökeskuksessa on jätetty tarvittaessa tilaa komponenttien vähäiselle lisäykselle ja keskuksen laajennukselle. [2, s. 8.]

Hyvän sähkökeskuksen valmistaminen edellyttää, että valmistajalla on riittävä tieto ja taito sekä ammattitaitoinen henkilöstö keskusten suunnittelemiseen ja valmistamiseen. Tämä edellyttää että valmistaja tuntee keskuksia ja käyttämiään komponentteja koskevat standardit ja on riittävästi perillä keskuksen kohdemaan asennusvaatimuksista ja asennuskäytännöstä. Valmistaja huolehtii, että EU/ETA-alueella käytettäväksi valmistetut keskuksat ja niiden dokumentointi ovat niitä koskevien direktiivien mukaisia. Lisäksi keskusten valmistajalla tulee olla riittävä laadunvalvontajärjestelmä valmistamiensa keskusten laadun varmistamiseksi. [2, s. 8–9.]

2.2 Sähkökeskuksia koskevat säädökset ja standardit

Pienjännitekeskusta eli jakokeskusta koskevat perusvaatimukset EU-alueella on esitetty direktiiveissä, jotka otetaan käyttöön kunkin jäsenmaan kansallisessa lainsäädännössä. Pienjännitekeskusta koskevat direktiivit ovat seuraavat:

Pienjännitedirektiivi (LVD-direktiivi) 2006/95/EY, joka on otettu käyttöön Suomessa kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä sähkölaitteiden turvallisuudesta (1694/1993). – –

EMC-direktiivi 2004/108/EY, joka on otettu käyttöön Suomessa valtioneuvoston asetuksella sähkölaitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (1466/2007). – – [2, s. 5.]

Näissä direktiiveissä esitetyt yleiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät noudattamalla EU-alueella yhtenäistyjä, CENELECin vahvistamia standardeja, jotka perustuvat kansainvälisiin IEC standardeihin. [2, s. 5–7.]

Jakokeskuksien sisäistä rakennetta näistä koskevat SFS-EN-61439 -sarjan standardit, jotka ovat seuraavat:

- SFS-EN-61439-1 (2013)
 - Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset
- SFS-EN-61439-2 (2013)
 - Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut keskukset
- SFS-EN-61439-3 (2013)
 - Pienjännitekeskukset. Osa 3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskukset (jakokeskukset)
- SFS-EN-61439-4 (2013)
 - Pienjännitekeskukset. Osa 4: Työmaakeskusten erityisvaatimukset
- SFS-EN-61439-5 (2013)
 - Jakokeskukset. Osa 5: Työmaakeskusten erityisvaatimukset. [2, s. 5-7.]

Muita pienjännitekeskuksien rakenteeseen liittyviä standardeja ovat mm. tyhjiä koteloiteja jakokeskuskäytössä koskeva standardi SFS-EN 62208 (2012), jakelukiskojärjestelmiä koskeva standardi SFS-EN 61439-6 sekä kotelointiluokka-standardi SFS-EN 60529, jossa määritellään menettelyt sähkökeskuksen rakenneosille ja testaukselle. [2, s. 7.]

Edellä mainitut standardit eivät määrittele ollenkaan keskuksissa tehtävien sähkötöiden vaatimuksia, vaan sähkötöitä tehdessä noudatetaan standardia SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus, joka asettaa vaatimukset turvalliseen sähkölaitteistojen käyttöön ja sähkölaitteistossa tai niiden läheisyydessä työskentelyyn. Keskuksen valinnassa ja oikeaoppisessa asennuksessa tulee ottaa huomioon sähköasennuksia koskeva standardisarja SFS 6000. Tämä standardisarja antaa myös vaatimuksia ja ohjeita erityistiloihin asennettavien keskusten rakentamiseen liittyen. [2, s. 6–10; 5, s. 48.]

2.3 Jakokeskusstandardi

Standardisarja SFS-EN 61439 määrittää pienjännitekeskuksen sisäiseen rakenteeseen kohdistuvat määräykset. Tätä standardia käytetään yleisesti sähkökeskuksen suunnittelun ja valmistamisen ohjejulkaisuna. Standardisarja sisältää kuusi osaa, joista viisi ensimmäistä on suomennettu. Standardisarjasta on koottu SFS-käsikirja 640, joissa on sovellusohjeita standardisarjan käyttämiseksi. [2,s. 5.]

Standardi SFS-EN 61439-1 antaa yleisvaatimukset pienjännitekeskuksen rakenteelle. Keskusta ei voida suunnitella ja valmistaa pelkästään tämän standardin perusteella, vaan täytyy valita lisäksi jokin standardisarjan osista 2–5. [2, s. 10.]

3 Opetussähkökeskuksen suunnittelun lähtökohdat

Opetussähkökeskuksen tarkoituksena on toimia Karelia-ammattikorkeakoulun talotekniikan opiskelijoille oppimisympäristönä, jossa tutustutaan kiinteistön sähkön jakeluun, käyttöönottotarkastuksiin, keskuksen sisäiseen tekniikkaan ja erilaisiin vikatilanteisiin. Keskusta on tarkoitettu käyttämään talotekniikan koulutusohjelman sähkötekniikkaan liittyvissä laboratoriotöissä. Keskuksella toteutettavaksi suunniteltuja laboratoriotöitä ovat mm. ryhmäjohtoon lisäys, käyttöönottotarkastukset, vikasuojauksen testaukset ja erilaisten vikojen simulointi.

Projektin aloituksen yhteydessä sähkötekniikan, automaatio- ja turvatekniikan ja LVI-tekniikan opettajien kanssa tehtiin alkukartoitus keskuksen tarvittavista ominaisuuksista. Sähkötekniikan opetuksen kannalta keskuksen oli tarve sisällyttää etenkin pistorasia- ja valaistusryhmiä, lämmitysryhmiä, mahdollisuus taa-juusmuuttaja- ja moottoriohjauksiin sekä erillinen kotelo vikasimuloinnille. Automaatio- ja turvatekniikan opetuksen kannalta tarvetta oli automaatio- ja turvatekniikan laitteiden varmennetulle tehonsyötölle sekä väyläpohjaisen valaistusjärjestelmän käytölle. LVI-tekniikan opetus taas vaati keskuksen syötöt

erilaisille lämmitysjärjestelmille, joita ovat kaukoalajakokeskus, maalämpöpumppu, ilmalämpöpumppu sekä öljykattila. Lisäksi keskuksen tuli sisällyttää lämmitysjärjestelmiin liittyvät erilliset syötöt lämminvesivaraajalle ja kierto-vesipumpulle.

Keskuksen suunnittelu opetuskäyttöön asetti keskuksen suunnittelulle erityisvaatimuksia. Keskuksen tulee olla siirrettävissä laboratoriosta toiseen, jolloin se täytyi suunnitella asennettavaksi pyörälliselle telineelle. Keskuskoteloiden kannet, joita opetuskäytössä joudutaan availemaan useasti, täytyi myös suunnitella normaalista käytännöstä poiketen. Sisemmät kannet on suunniteltu kiinnitettäväksi magneettipitimillä, jolloin kansien irrottaminen kytkentöjen ja mittausten ajaksi helpottuu. Turvallisuussyistä keskuksessa on suunniteltu käytettäväksi ovea, joka on lukittava työkaluavaimella. Vaatimuksena keskuksen suunnittelulle oli myös, että keskuksen sisäisen rakenteen tulee olla helposti muokattava. Keskuksen on suunniteltu tätä varten varatilaa ns. opetuslähdoille, joita voidaan käyttää esim. ryhmäjohtojen ja komponenttien lisäyksiin. Tämän lisäksi keskuksen komponentit on ryhmitelty loogisesti käyttötarkoituksensa ja syöttökohteen mukaan.

3.1 Opetussähkökeskuksen suunnittelua ohjaavat standardit

Opetussähkökeskuksen suunnittelun sovellusohjeena käytettiin sähkölaitekorjaamoita ja laboratorioita koskevaa standardia SFS 600-8-803, SFS-EN 61439-1 -standardia sekä SFS-EN 61439-2 -standardia, joka määrittää ohjeet ja määräykset ammattikäyttöön käyttöön tarkoitetuille pienjännitekeskuksille. Standardia SFS-EN 61439-2 käytetään yhdessä standardisarjan osan 1 kanssa keskuksien suunnitteluun, ja sen käyttäjinä ovat sähköalan ammattihenkilöt ja opastetut henkilöt. [2, s. 64.]

Ammattilaisten käyttöön tarkoitetulle pienjännitekeskukselle on standardin SFS-EN-61439-2 perusteella määritelty seuraavat erityisvaatimukset:

- Keskuksen mitoitusjännite ei ylitä 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 tasajännitettä.
- Keskus on siirrettävä tai kiinteästi asennettava.

- Keskuksen käyttötarkoituksena on sähköenergian tuottaminen, siirto, jakelu ja muuttaminen tai sähköenergiaa käyttävien laitteiden ohjaus
- Keskus on tarkoitettu käytettäväksi erityisissä käyttöolosuhteissa, esim. laivoissa ja raideliikenteessä, edellyttäen että täytetään kyseessä olevat erityisvaatimukset. [2, s. 220.]

Opetussähkökeskuksen suunnitteluun sovellettiin näitä kriteerejä, sillä keskuksen vaatimukset poikkeavat opetuskäytön luonteen vuoksi maallikoiden käyttöön tarkoitetun pienjännitekeskuksen vaatimuksista [2, s.220, 246]. Lisäksi keskusta käyttävät opiskelijat eivät enää opintojen edetessä ole maallikoita, vaan sähköalan ammattihenkilön perehdyttämiä henkilöitä, jotka on opastettu sähkökeskuksen käyttöön. Opastettu henkilö saa sähköalan ammattihenkilön harkinnan mukaan tehdä kaikkia sellaisia sähköalan töitä, jotka on sallittu opastetulle henkilölle. Opastetun henkilön koulutus ja kokemus sähköalan töistä tulee kuitenkin aina ottaa huomioon määriteltäessä opastetulle henkilölle soveltuvia työtehtäviä. Sallitut sähköalan työt opastetulle henkilölle on lueteltu kauppa ja teollisuusministeriön päätöksessä (KTMP) sähköalan töistä (516/1996) artikkelissa 10. [5, s. 28, 84–85.]

3.2 Opetuskäytön asettamat vaatimukset sähkökeskukselle

Oppilaitosten sähkölaboratorioille, joissa esiintyy kosketeltavana yli 50 V ja enintään 1000 V vaihtojännitettä tai yli 120 V ja enintään 1500 V tasajännitettä, on annettu omat määräyksensä standardissa SFS 600-8-803. Standardi käsittelee sähkölaitekorjaamoissa ja sähkölaboratorioissa olevien sähköasennusten ja laitteiden suojausmenetelmiä, tunnistamista, erottamista ja kytkentää sekä tarkastuksia. [6, s. 585.]

Edellä mainitun standardin mukaan opetuskäytössä olevien sähkölaboratorioissa testattavassa laitteessa ei aina voida käyttää perussuojausta eristyksen ja koteloinnin avulla. Laitteiden testaukset yms. pitää suorittaa aina mahdollisuuksien mukaan kosketukselta suojattuna, eli varustettuna perussuojauksella. Jos

tämä vaatimus ei toteudu, pitää käyttää standardissa mainittuja tilapäisiä suojuksia ja esteitä kosketussuojauksena. [6, s. 585.]

Standardissa määritellään, että opetuskäytössä olevissa laboratorioissa on aina järjestettävä käytettävillä laitteilla vikasuojaus standardin SFS 6000-4-41 mukaisesti. Vikasuojauksella voidaan suojautua jännitteisten osien tai vikatapauksessa jännitteiksi tulleiden jännitteelle alttiiden osien tai maanpotentiaalissa olevien osien samanaikaisesta koskettamisesta aiheutuvilta vaaratilanteilta. Vikasuojauksena voidaan sähkölaboratorioissa käyttää joko pienoisjännitettä (SELV, PELV), suojaerotusta tai syötön automaattista poiskytkentää käyttäen lisäsuojauksena mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa. Opetussähkökeskus on suunniteltu liitettäväksi verkkoon sähkölaboratoriossa olevalla 16 A voimapistorasialla, joka on suojattu 30 mA vikavirtasuojalla. Käytännössä keskuksen syötön vikasuojausvaatimus täyttyy tällä tavalla. [4, s. 586.]

Sähkölaboratorioissa olevista sähköasennuksista on standardin mukaan oltava ajan tasalla oleva dokumentointi ja asennusten merkintöjen tulee paikkansa. Laboratorioissa täytyy tehdä normaalien sähköasennuksille suoritettavien käyttöönottotarkastuksien sekä muiden huolto- ja kunnossapitotarkastusten lisäksi määrävälein tarkastuksia ja testauksia, joilla varmistetaan suojausten toimivuus. [6, s. 587–588.]

Standardi määrää, että sähkölaboratorioiden työskentelyalue on voitava tehdä jännitteettömäksi syöksyjännite- ja vuotovirta vaatimukset täyttävällä erotuslaitteella, joka erottaa kaikki virtapiiriin jännitteiset syöttöjohtimet. Erotuslaitteen koskettimien ollessa auki avausvälin on oltava näkyvissä tai sen asennonosoituksen oltava yksiselitteisesti varustettu ”auki”- tai ”kiinni”-merkinnällä. Erotuslaitteen on oltava helposti tunnistettavissa ja rakenteeltaan sellainen, että se ei voi sulkeutua tahattomasti. [6, s. 284–285, 587.]

Lisäksi sähkölaboratorioissa täytyy standardin mukaisesti olla käsikäyttöiset hätäkytkentälaitteet, joilla työskentelyalue saadaan nopeasti jännitteettömäksi hätätilanteessa. Kytkimen tulee olla sellainen joka kykenee katkaisemaan virtapiiriin täyden kuormitusvirran. Kytkimet sijoitetaan sellaisiin paikkoihin, joissa voi

esiintyä vaaraa ja tarvittaessa myös paikkoihin, mistä vaara voidaan poistaa. Kytkimien luo tulee päästä helposti. Hätäkytkentään käytetään punaista kytkintä keltaisella pohjalla, jotta se olisi helposti tunnistettavissa. Lauenneen hätäkytkinlaitteen vapauttaminen ei saa suoraan tehdä asianomaista kohdetta uudelleen jännitteiseksi, vaan vaaditaan muita toimenpiteitä jännitteen palauttamiseksi kohteeseen. [6, s. 288, 587.]

Karelia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa on asennettuna edellä mainitut vaatimukset täyttävät erotuskytkimet työskentelyalueen sähkön syöttöpisteiden yhteyteen ja läheisyyteen sekä syöttöpisteiden normaalille erotukselle että myös hätäkytkennälle. Opetussähkökeskuksen syöttö on lisäksi suunniteltu erotettavaksi kytkentöjen ja muun mekaanisen huollon ajaksi erillisellä lukittavalla turvakytkimellä, joka sijoitetaan opetussähkökeskusta syöttävän pistorasian ja keskuksen väliin.

3.3 Opetuskäyttöön tarkoitetut keskuksat muissa oppilaitoksissa

Osana opinnäytetyötä tuli selvittää, löytyykö muista talo- tai sähkötekniikkaa osana koulutustarjontaa opettavista ammattikorkeakouluista vastaavia sähkökeskuksia opetusvälineenä. Selvitys suoritettiin muiden ammattikorkeakoulujen sähkötekniikan yhteyshenkilöille suunnatun kyselyn perusteella. Kysely lähetettiin Savonia-ammattikorkeakoulun, Oulun ammattikorkeakoulun, Saimaan ammattikorkeakoulun, Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Metropolia ammattikorkeakoulun yhteyshenkilöille, ja vastaukset kyselyyn saatiin Savonialta ja Oulun ammattikorkeakoulusta.

Savonia-ammattikorkeakoululta saadun vastauksen perusteella heillä ei ole käytössä minkään suuremman kiinteistön sähkökeskusta opetuksessa, paitsi yksi kennokeskus, joka on varustettu teollisuuden moottorilähdöksi. Sen sijaan yksi ryhmäkeskus heiltä löytyy, mutta sitä ei käytetä ollenkaan laboratoriotöissä vaan pelkästään opetuksen havainnollistamisvälineenä. [15.]

Oulun ammattikorkeakoulun vastauksesta kävi ilmi, että heillä on käytössään useita erilaisia keskuksia talotekniikan opetuksessa. Nämäkään keskuksat eivät

ole pääasiallisesti tarkoitettu kiinteistön sähkönsyöttöön, vaan ne ovat osana heidän opetuksessaan käyttämiä järjestelmiä. Tällaisia järjestelmiä ovat kyselyn perusteella mm. lämmityskattilat, ilmastointikone, maalämpöpumppu ja kylmäkoneet. [15.]

Tehdyn kyselyn perusteella voidaan todeta, että pääasiallisesti kiinteistön sähköjakelun opetusympäristöinä laboratoriotöissä toimivia sähkökeskuksia ei ollut käytössä ammattikorkeakoulujen opetusvälineinä ainakaan kyselyyn vastanneissa ammattikorkeakouluissa. On kuitenkin huomioitava, että kaikista ammattikorkeakouluista ei saatu vastausta, joten kysymys jäi auki näiden osalta. Saaduista vastauksista voidaan kuitenkin päätellä, että tätä projektia vastaavat opetusympäristöt talotekniikan opetuksessa ovat kuitenkin harvinaisia. Tätä päättelyä tukee myös se, että kyseinen opintokokonaisuus ei ole kauaa ollut käytössä nykyisessä muodossaan.

4 Opetussähkökeskuksen suunnitteluprosessi

Opetussähkökeskuksen suunnitteluprosessi oli monivaiheinen ja laaja kokonaisuus. Siihen kului paljon aikaa, koska ennen minkäänlaista suunnittelua täytyi perehtyä säädöksiin ja määräyksiin, jotka koskevat aihetta. Aikaa projektissa vei myös se, että suunnitteluprosessi täytyi aloittaa alkutekijöistään ilman mitään ennakkovalmisteluja. Aihe oli vain aihio, josta projektia lähdettiin työstämään eteenpäin. Haastetta suunnittelulle lisäsi myös se, että itselläni ei ollut aikaisempaa kokemusta vastaavanlaisesta projektista.

4.1 Suunnitteludokumentoinnin vaatimukset

Opetussähkökeskuksen suunnitteluprosessi muodostui useasta eri vaiheesta, joista jokainen oli tärkeä onnistuneen ja tarkoituksenmukaisen lopputuloksen aikaan saamiseksi. Suunnitteluprosessin vaiheita olivat mm. projektin alkukartoitus, sähkökeskuspohjan valinta, keskuksen komponenttien ja ominaisuuksien määrittäminen sekä varsinainen suunnitteludokumenttien laatiminen. Projektin alku-

vaiheessa ennen suunnitteluprosessin aloittamista täytyi perehtyä siihen, mitä standardit vaativat sähkökeskuksen rakenteelta ja sähkösuunnitelmilta. Keskuksen rakennetta koskevaa standardisointia on käsitelty aikaisemmin luvuissa 2.1, 2.2, 3.1 ja 3.2.

Standardin SFS-EN 61439-1 mukaan toimitettavien dokumenttien laajuus on mietittävä tapauskohtaisesti. Se riippuu etenkin keskuksen koosta ja käyttötarkoituksesta sekä keskuksen tilaajan tai käyttäjän asettamista vaatimuksista. Käytännössä vähimmäisvaatimuksena on, että keskuksen mukana toimitetaan ainakin asennusohjeet, kokoonpanokuva, piirikaaviot, tiedot keskuksen ominaisuuksista, varoituskilvet sekä tarvittaessa käyttö- ja huolto-ohjeet. Keskuksen ominaisuuksista tulee tilaajalle tai käyttäjälle antaa tarvittavat tiedot joko dokumentointiin sisällytettynä tai erillisenä selosteena. Tällaisia tietoja ovat mm. arvokilvissä annetut tiedot sekä edellä mainitut piirustukset ja asennusohjeet. Tilaaajalle tai käyttäjälle tulee lisäksi antaa tiedot keskuksen virtapiireihin ja niiden suojalaitteisiin merkityt tunnistetiedoista, kojeiden ja laitteiden merkinnöistä sekä suoja- ja kytkinlaitteiden käyttötarkoitukset ja asennusosoitusmerkinnöistä. [2, s. 13, 18.]

4.2 Projektin alkukartoitus

Projektin alkukartoituksessa selvitettiin, mitä vaatimuksia talotekniikan eri osa-alueet asettivat keskuksen ominaisuuksille. Alkukartoitus toteutettiin haastatteleamalla talotekniikan koulutusohjelmassa opetustyötä tekeviä sähkötekniikan, automaatio- ja turvatekniikan ja LVI-tekniikan opettajia sekä keskustelemalla opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Talotekniikan eri osa-alueiden määrittelemiä keskuksen ominaisuuksiin liittyviä vaatimuksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin luvussa 3.

4.3 Keskuksen komponenttien määrittäminen

Alkukartoituksen perusteella määritetyistä keskuksen ominaisuuksista koottiin lähtöluettelo, josta selvisi keskuksen komponenttien ja niille varattavan tilan tarve (taulukko 1). Lähtöluettelossa määritellään mitä syöttöjä keskukseen sisälly-

tetään ja minkä tyyppisiä johdonsuojakatkaisijoita, suojalaitteita ja kaapeleita syöttöihin käytetään. Lähtöluettelossa eri talotekniikan osa-alueisiin kuuluvat syötöt on jaoteltu eri väreillä omiin kokonaisuuksiinsa hahmottamisen helpottamiseksi.

Lähtöluettelossa olevien keskuksen syöttöjen kokoluokka on määritelty päättelemällä, minkä tehoisia laitteita milläkin ryhmällä on tarkoitus syöttää (taulukko 1). Koululla ei ole vielä tarkalleen tiedossa, minkä tehoisia laitteita keskuksella syötetään opetuskäytössä, joten syötöt täytyi mitoittaa esimerkinomaisesti käyttäen apuna laitteiden valmistajien antamia tietoja laitteiden teknisistä ominaisuuksista. Seuraavissa kappaleissa on esitetty ylikuormitukselta ja yliviirroilta suojaavalle suojalaitteelle asetetut vaatimukset sekä esimerkit opetussähkökeskukseen sisältyvän sähkökiukaan syötön mitoituksesta.

	Ryhmä	B10	B16	C10	C16	(Johto)	Huom!
Sähkö	Pistorasia SPK	1				MMJ 3x2,5 S	Irsd
	Pistorasia vikasimulaatio				1	MMJ 3x2,5 S	
	Pistorasiat				1	MMJ 3x2,5 S	Irsd
	Pistorasiat				1	MMJ 3x2,5 S	Irsd
	Pistorasia (esim. jääkaappi)	1				MMJ 3x2,5 S	
	Valaistus (esim. sauna)	1				MMJ 3x1,5 S	Irsd
	Varalla	2	2	2	2		
	IV-kone	1				MMJ 3x1,5 S	
	LVV-käyttökytkin		3			MMJ 5x2,5 S	
	Sähkökiuas		3			MMJ 5x2,5 S	
	Liesi		3			MMJ 5x2,5 S	
	Sähkölämmitys (lattia)			6		MMJ 5x2,5 S	Irsd
	Taajuusm. moottorilähtö			3		MMJ 5x1,5 S	
	Ohjauskeskus (esim. moottorilähtöille)				3	MMJ 5x2,5 S	
Automaatio	KNX virtalähde (KNX)	1					
	Yleissäädin valaistukselle (KNX)	1				MMJ 3x2,5 S	
	Verhomoottoriohjain (KNX)			1			
	Automaatiokeskus (UPS)				1	MMJ 3x2,5 S	
LVI	Kaukoalajakokeskus			1		MMJ 3x1,5 S	
	Maalämpöpumppu				3	MMJ 5x2,5 S	Irsd
	Öljypoltin			1		MMJ 3x1,5 S	
	Öljykattilan vastukset (6 kw)	3				MMJ 5x1,5 S	
	Kiertovesipumppu			1		MMJ 3x1,5 S	
	Ilmalämpöpumppu			1		MMJ 3x1,5 S	Irsd
	YHTEENSÄ	11	9	16	12	48	

Taulukko 1. Opetussähkökeskuksen lähtöluettelo.

4.3.1 Ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus

Ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen voidaan käyttää samaa suojalaitetta, jos suojalaitteen katkaisukyky on riittävä ja suojalaite mitoitetaan ylikuormitus-suojaksi. Suojalaitteen on kyettävä katkaisemaan sen asennuspaikassa esiinty-

vä ylivirta, mukaan lukien prospektiivinen oikosulkuvirta. Käytännössä suojalaitteena voidaan käyttää ylivirrat katkaisemaan kykenevää johdonsuojakatkaisijaa, joka on mitoitettu ylikuormitussuojaksi. SFS 6000 5-52 mukaan kaapelia ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen ominaisuuksien tulee täyttää seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (2)$$

missä:

I_B = virtapiirin suunniteltu virta

I_Z = johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n = suojalaitteen mitoitusvirta

I_2 = virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen sille määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa. [6, s. 129, 257; 7, s. 145.]

Ylikuormitussuojan mitoitusvirta valitaan edellä esitettyjen yhtälöiden mukaisesti. Johdonsuojakatkaisijoilla toteutettavalla suojauksella yhtälön kaksi vaatimusta ei tarvitse ottaa huomioon, vaan ne on jo huomioitu tämän tyyppisten suojalaitteiden rakennevaatimuksissa. Tällöin suojalaite voidaan valita suoraan johtimen kuormitettavuuden mukaan. [6, s. 257.]

Esimerkiksi keskuksen lähtöluettelossa olevan sähkökiukaan (8 kW) johdonsuojakatkaisija mitoitetaan maksimikuormitusvirran perusteella seuraavasti:

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3})U \cos \varphi} = \frac{8 \text{ kW}}{(\sqrt{3}) \cdot 400 \text{ V} \cdot 1} = 11,5 \text{ A}$$

missä:

I = maksimikuormitusvirta

P = sähkökiukaan pätöteho

U = nimellisjännite

$\cos \varphi$ = tehokerroin

- Maksimikuormitusvirran perusteella valitaan johdonsuojakatkaisijaksi tätä kuormitusvirtaa seuraavaksi suurempi johdonsuojakatkaisija eli B16. B-tyyppin katkaisijaa käytetään, koska kyseessä on resistiivinen kuormitus [7, s. 258].

Johdon poikkipinta-alaa määritellään samalle sähkökiukaan syötölle D1-2012-käsikirjan mukaan esimerkiksi seuraavasti:

- Oletetaan, että johdon asennustapana on E (monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa) [6, s. 244] ja kaapelin rinnalle on asennettu neljä muuta kaapelia yhteen kerrokseen seinälle.
- Saadaan D1-2012 käsikirjan taulukosta 52.11 [7, s. 224] ryhmituksen korjauskerroin 0,66.
- Koska käytetään B16 A johdonsuojakatkaisijaa, johdon kuormitettavuuden tulee olla vähintään samansuuruinen eli 16 A.
- Johdon korjattu kuormitettavuus lasketaan seuraavasti:

$$16 A / 0,66 = 24,24$$

- Etsitään D1-2012 käsikirjan taulukosta 52.1 [7, s. 217] korjattua kuormitettavuutta vastaava virta tai seuraavaksi suurempi virta asennustavalla E.
- Saadaan johdon poikkipinnaksi 2,5 mm².
- Valitaan kaapeliksi MMJ 5x2,5 S. [7, s. 216–234.]

Koska opetussähkökeskus on siirrettävää tyyppiä ja sitä on tarkoitus syöttää eri tiloissa olevista syöttöpisteistä, keskuksen suojalaitteiden automaattisen poiskytkennän ja oikosulkusuojauksen toimivuus täytyy erikseen varmistaa joko laskemalla tai mittauksilla kaikissa syöttöpisteissä, joita käytetään keskuksen liittämiseksi sähköverkkoon. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että keskuksen asennuspaikan syötön ominaisuudet vaikuttavat suojausten toimivuuteen. Seuraavat opetussähkökeskuksen sähkönsyöttöpisteiden ominaisuudet tulee selvittää, jotta keskuksen suojausten toimivuus voidaan varmistaa:

- nimellisjännite tai -jännitteet
- virtalaji ja taajuus

- prospektiivinen oikosulkuvirta järjestelmän syöttökohdassa
- asennuksen ulkopuolisen järjestelmän vikapiirin impedanssi
- sopivuus asennuksen asettamiin vaatimuksiin huomioon ottaen suurin esiintyvä kuormitus
- liitäntäpisteessä olevan ylivirtasuojan tyyppi ja toiminta-arvot. [6, s. 82, 132.]

Keskuksen pääkaaviossa suluissa oleva johdotus tarkoittaa, että johdotus on mitoitettu esimerkinomaisesti, sillä kaikkia johtojen poikkipinta-alaa mitoittavia tekijöitä, kuten johtojen pituutta, ei keskuksen suunnitteluvaiheessa tunnettu, eikä johtojen jännitteenalenemaa voitu siksi määrittää. Tämän vuoksi johtojen poikkipinta-alat tulee tarkistaa, kun keskukseen kytketään kaapeleita opetustilanteessa. Käytännössä mitään ongelmaa ei kuitenkaan pitäisi syntyä, sillä oletettavasti laboratorioissa tehtävissä kytkennöissä johtojen pituudet pysyvät lyhyinä. (Liite 5.)

4.3.2 Lisäsuojaus

Opetussähkökeskuksessa on käytössä lisäsuojauksena 30 mA:n vikavirtasuojia pistorasia- ja lämmitysryhmissä. Vikavirtasuojien käytöllä lisäsuojauksena pienennetään sähköiskun vaaraa, joka voi aiheutua puutteellisen huollon, eristeiden heikkenemisen tai sähkölaitteen käyttäjien huolimattomuuden seurauksena. Vaatimus on, että sisätiloissa olevat maallikoiden käyttämät enintään 20 A:n pistorasiat sekä ulkotiloissa olevat enintään 32 A:n pistorasiat ja siirrettävät laitteet täytyy suojata enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla. [7, s. 113.]

Vaatimuksesta voidaan poiketa, jos tiettyä pistorasiaa käytetään erityisen, määrätyn laitteen syöttämiseen. Tätä vaatimusta ei tarvitse ottaa huomioon siinäkään tapauksessa, jos kyseessä on pistorasia, joita käytetään ammattihenkilön tai opastetun henkilön valvomana teollisissa tai kaupallisissa rakennuksissa. Vikavirtasuojaa vaaditaan lisäsuojaukseksi myös tietyissä erityistiloissa. Sähkölaboratorioissa kaikki enintään 32 A:n pistorasiat tulee suojata vikavirtasuojalla, ellei niitä ole suojaerotettu tai kytketty SELV- tai PELV-järjestelmään. [6, s. 585; 7, s. 113.]

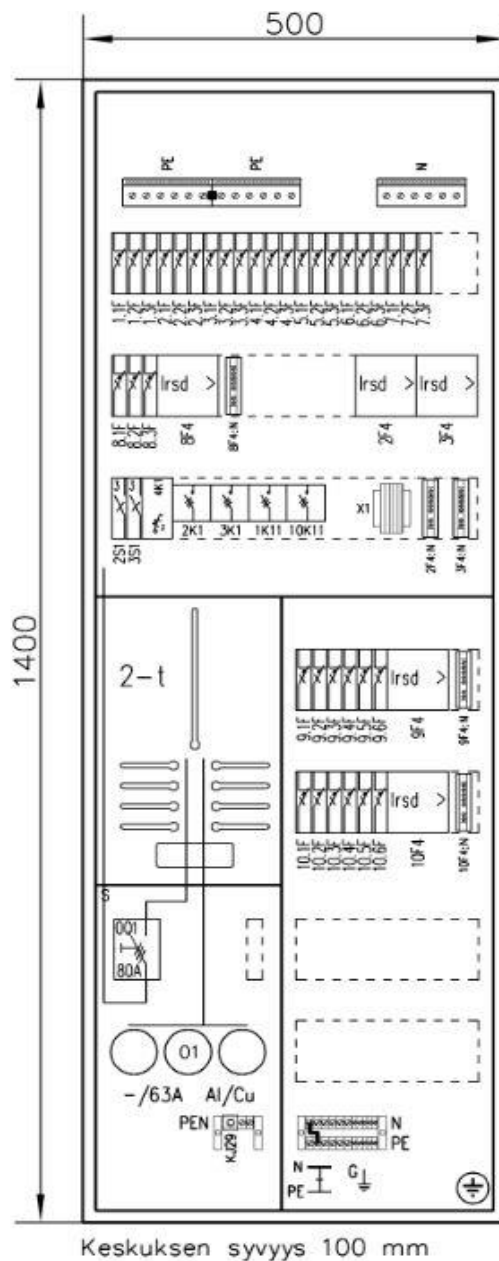
4.4 Keskuspohjan valinta

Projektissa käytettävän keskuspohjan valinta oli vaikeaa, koska vaihtoehtoja oli monia. Valittavissa oli ABB:n, Enston ja UTU:n valmistamia valmiskeskuksia, joita voi muokata haluamukseen. Valmiskeskuksien keskuskaaviot on ladattavissa dwg-muodossa valmistajien kotisivuilla. Valintaprosessissa rajaavina tekijöinä oli se, että keskuksen täytyi olla 2-tariffimittauskeskus ja rakenteeltaan helposti muokattavissa.

Jokaisen keskusvalmistajan valikoimasta valittiin yksi potentiaalinen vaihtoehto opetuskeskuksen keskuspohjaksi. Tämän jälkeen keskusvalmistajille lähetettiin tarjouspyyntö mittauskeskuksesta ja muista projektissa tarvittavista komponenteista. Saadut tarjoukset olivat suunnilleen 2000 € tuntumassa eikä keskusvaihtoehtojen välillä ollut kustannuksissa eroa kuin muutama kymmenen euroa. Tämän vuoksi keskuspohjan valinta toteutettiin opetuskeskukseen tarvittavien ominaisuuksien perusteella.

Tarjouspyyntöjen perusteella pystyttiin myös arvioimaan koko projektin kustannusarvio. Se tulee olemaan maksimissaan 2500 € sisältäen tarjouspyynnössä luetelluiden tarvikkeiden lisäksi mahdollisista muutoksista ja komponenttilisäyksistä syntyvät kustannukset.

Opetuskeskuksen keskuspohjaksi valittiin UTU:n Boxer-sarjan 50 A IP30 2-tariffi mittauskeskus SLY 1.2 -sähkölämmityskytkennällä. Keskuksessa oli valmiina 36 kpl johdonsuojakatkaisijoita ja viisi kappaletta 4-napaisia 30 mA:n vikavirtasuojia. Varatilaa keskuksessa oli 38 moduulin verran, mikä oli aivan riittävä määrä projektiin (kuva 1). Johdonsuojakatkaisijoiden sekä N- ja PE-kiskojen liittimet on kyseisessä keskuksessa toteutettu jousiliittimin, minkä vuoksi keskuksen sisäinen johdotus ja keskuksen kytkettävien kaapeleiden liittäminen on helppoa. Keskuksen ovi täytyy tilata erikseen ja siihen on saatavilla työkalusalpa käsikäyttöisen salvan tilalle. Lisäksi keskuksen vaatimuksia korkeampi kotelointiluokka (IP 30) tekee valitusta keskuksesta tukevamman kuin kilpailijansa. Nämä ominaisuudet olivat ratkaisevia käytettävän keskuspohjan valinnassa. [7.]



Kuva 1. Projektin keskus pohjana käytetty UTU:n vakioitu mittauskeskus [7].

4.5 Suunnitteludokumenttien laatiminen

Kun projektiin käytettävä keskus pohja oli valittu ja keskukseen sisällytettävät lähdöt mietitty, vuorossa oli varsinaisten suunnitteludokumenttien eli keskuksen sähkökuvien laadinta. Sähkökuvien piirtäminen oli melko työläs ja aikaa vievä projekti, sillä kuvia täytyi piirtää useita. Kuvien lopullista ulkomuotoa oli myös hankala saavuttaa, ja kuvia tulikin muokattua useaan kertaan, kun jokin komponentti ei sopinut tiettyyn paikkaan. Kuvia muokatessa oli tärkeää varmistaa että

muokkaukset tulivat voimaan kaikissa keskuksen kuvissa. Näin suunnitteluprojekti pysyi hallinnassa ja suuremmilta ristiriidoilta vältyttiin.

Keskuksen sähkökuvia piirrettäessä käytettiin suunnittelun ohjeena jo aikaisemmin mainittuja jakokeskuksia koskevia standardeja SFS-EN 61439-1 ja SFS-EN 61439-2. Näitä käytettiin projektissa, jotta keskuksesta tulisi standardien vaatimusten mukainen. Lisäksi keskuksen suunnittelun apuna käytettiin Sähköinfon Jakokeskusopasta sekä Käsikirjaa asuntojen ja rakennusten ohjauksiin, jossa on esitetty KNX-järjestelmien tekniikan perusperiaatteet. [2; 9; 10.]

5 Opetussähkökeskuksen sähkösuunnitelmat

Opetussähkökeskuksen sähkökuvien piirtäminen toteutettiin Cads Planner Client 16 -suunnitteluohjelmalla, jossa on omat sovelluksensa eri sähkösuunnitteludokumenteille. Keskuksesta piirrettiin kokoonpanokuva sekä keskus- ja piirikaaviot. Lisäksi keskuksen sisältyvistä UPS-moduulikotelosta ja vikasimulaatiokotelosta piirrettiin omat sähkökuvansa. Keskuksen kokoonpanokuvan ja keskuskaavion suunnittelupohjana käytettiin UTU:n sivuilta löytyviä kyseisen valmiskeskuksen suunnittelukuvia, jotka olivat valmiiksi dwg-muodossa. UPS-moduulikotelon ja vikasimulointikotelon piirustukset toteutettiin käyttäen apuna valmistajien sivuilta saatavissa olevia teknisiä tietoja kyseisistä koteloista.

Jokaisen sähkökuvan yhteydessä on nimiö, jossa on annettu piirustuksen tunnistetiedot. Projektin arkistointitunnuksena tai työnumerona piirustuksissa on käytetty projektin keskuspuhjan sähkönumeroa 3332022. Tämä on sama jokaisessa piirustuksessa. Piirustusnumerona on käytetty muotoa SÄH X-1100999, jossa X tarkoittaa piirustuksen järjestyslukua piirustusluettelossa. Lisäksi nimiössä on annettu piirustuksen nimi ja tyyppi, suunnittelijan tiedot, suunnittelu- ja muokkauspäivämäärät sekä kuvan lehtinumero ja mittakaava.

5.1 Projektin piirustus- ja tarvikeluettelo

Piirustusluettelossa on esitetty luettelomuotoisesti opetussähkökeskusprojektiin liittyvät sähköpiirustukset. Piirustukset on jaoteltu luettelossa piirustusnumeron perusteella. Piirustusluettelossa on annettu lisäksi tieto piirustuksen nimityksestä ja päiväys, jolloin kuvaa on viimeksi muokattu. (Liite 1.)

Tarvikeluettelossa on lueteltu projektin toteuttamiseen tarvittavat tarvikkeet ja komponentit. Tarvikeluettelossa on esitetty jokaisen tarvikkeen tunnus (yleensä sähkönumero), nimi, tyyppi, valmistaja, määrä sekä niiden piirustuksien piirustusnumerot, joissa kyseistä tarviketta on käytetty. Projektin tarvikeluettelossa on omat lehtensä varsinaisen opetussähkökeskuksen, vikasimulaatiokotelon ja UPS-moduulikotelon tarvikkeille. Tarvikeluettelossa ei ole lueteltu projektiin käytettäviä kaapeleita, vaan ne on selvittävät piirustuksista. (Liite 2.)

5.2 Keskuksen kansilehti ja kokoonpanokuva

Liitteessä 3 on esitetty opetussähkökeskuksen kansilehti. Piirustuksessa on määriteltä keskuksen sähkötekniset tiedot, rakenteen tiedot, kalustus- ja kaapelointitiedot, tunnusmerkinnät sekä muita tietoja keskuksen rakenteeseen liittyen.

Opetussähkökeskuksen kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 4. Kokoonpanokuva on pakollinen osa keskuksen käyttäjälle annettavaa dokumentointia, ja siinä esitetään keskuksen komponenttien sijoitukset keskusrakenteeseen mittakaavassa [2, s. 18]. Projektiin käytettävän UTU:n valmiskeskuksen kokoonpanokuvan mittakaavana oli alun perin 1:10, eikä sitä muutettu projektin edetessä, koska pienemmällä mittakaavalla kuvan sopiminen A4:lle olisi ollut mahdotonta. Kokoonpanokuvaan on sisällytetty käytettävien komponenttien sijoituksen lisäksi tiedot keskuksen arvo- ja varoituskilvistä sekä keskusta koskeva sähköselitys, jossa on annettu ohjeita ja tietoja keskuksen asentamisesta ja varustamisesta käyttötarkoitusta vastaavaksi.

5.2.1 Opetussähkökeskuksen sähköselitys

Opetussähkökeskuksen sähköselityksestä erityisesti huomioitavaa on se, että valmiskeskuksessa oleva N-PE -yhdistys ja sen merkinnät keskuksen kannesta tulee poistaa, kun keskus varustetaan opetussähkökeskukseksi. Syynä tähän on opetuskeskuksen syöttökaapelin tuominen keskuksen TN-S -järjestelmän mukaisesti viidellä johtimella. Sähköselityksestä huomionarvoista on myös tieto keskuksen sisäisestä johdotuksesta, joka toteutetaan joko valmiiksi määritellyllä Hagerin virtakiskolla tai MK 16 mm² -johtimilla. (Liite 4.)

Sähköselityksessä on annettu ohje, että keskuksen vikasimulaatiopistorasian yhteyteen täytyy asettaa merkintä ”EI MUUHUN KÄYTTÖÖN KUIN VIKASIMULOINTIIN!”. Merkinnällä varmistetaan, että kaikki ovat tietoisia pistorasian käytön vaarallisuudesta muussa kuin vikasimulointitarkoituksessa. Lisäksi sähköselitykseen on määritetty tarkentavat tiedot ja ohjeet keskuksen suojakansien ja oven varustamisesta, syötön pistorasian asennuksesta, muista keskuksen pistorasioista, KNX-laitteistosta, kaapeloinneista sekä johdinten ja komponenttien merkinnöistä. (Liite 4.)

5.2.2 Ryhmien jaottelu keskuksessa

Keskuksen ryhmät on jaoteltu keskuksessa talotekniikan osa-alueiden ja keskuksen vaihekohtaisen kuormituksen mukaan. Käytännössä vaihekohtainen kuormitus on otettu huomioon sijoittamalla ryhmät eri vaiheille siten, että jokaisen vaiheen maksimikuormitus on suurin piirtein samansuuruinen. Talotekniikan osa-alueiden mukaan tapahtuvassa jaottelussa sähkötekniikkaan, LVI-tekniikkaan ja automaatio- ja turvatekniikkaan liittyvät ryhmät pyrittiin sijoittamaan erilleen toisistaan.

Sähkötekniikkaan kuuluvat ryhmät 1–8 on sijoitettu keskuksen ylimpään moduuliosastoon. Toisella moduuliosastolla keskuksessa sijaitsee LVI-tekniikkaan liittyvät ryhmät 9–11. Keskuksen kolmas moduuliosasto ei ole muutettu, vaan siellä sijaitsee alkuperäisen vakiokeskuskaavion mukaisesti sähkölämmityskytken ja lämminvesivaraajan ohjausreleet ja -kytkimet sekä yöajan apurele ja

vikavirtasuojien nollariviliittimet 2F4 ja 3F4. Keskuksen ulkopuolisten laitteiden syöttöön tarkoitettu pistorasia ja muut pistorasiaryhmät 12.1–12.3 on sijoitettu keskuksen alapuoliskon oikealle reunalle ylimmälle moduuliosastolle. Opetuslähtöjen ryhmät 13–16, joita voi käyttää mm. ryhmäjohtojen lisäyksiin ja komponenttien ryhmittelyn muuttamiseen sijaitsevat pistorasiaryhmien alapuolisella moduuliosastolla ja osittain myös seuraavalla osastolla. Toiseksi alimmalle moduuliosastolle on sijoitettu automaatio- ja turvatekniikan syöttöihin tarkoitettun UPS-moduulikotelon ja vikasimulointikotelon ryhmät 17.2 ja 17.3, KNX-laitteiden ryhmät 18.1–18.3 sekä aivan oikeassa reunassa oleva vikasimulointipistorasia. Lisäksi LVI-tekniikkaan kuuluva IV-konelähtö ryhmässä 17.1 on sijoitettu tälle osastolle, koska sille ei löytynyt järkevää paikkaa muualta. Keskuksen alimmalla moduuliosastolla sijaitsee KNX-laitteisto, joka käsittää KNX-virtalähteen, KNX-yleissäätimen ja KNX-verhomoottoriohjaimen. (Liitteet 4 ja 5.)

5.3 Keskuksen pääkaavio

Sähkökeskuksen liittymisjohto, jakelujärjestelmä, erotuskohdat, potentiaalin-tasaus sekä pääjohdot (ryhmäjohdot) ja niiden suojalaitteet esitetään pääkaaviossa. Pääkaaviosta nähdään kuinka eri virtapiirit on ryhmitelty ja mitoitettu keskuksessa. [7, s. 181–182.]

Liitteessä 5 esitettyyn opetussähkökeskuksen pääkaavioon on sijoitettu projektin alkukartoituksen perusteella määritellyt lähdöt, joita on käsitelty luvussa 3. Näiden lähtöjen lisäksi opetussähkökeskukseen sijoitettiin myös muita yleisiä kiinteistöissä olevia sähkönsyöttöjä. Tällaisia lähtöjä opetussähkökeskuksessa ovat mm. lieden ja sähkökiukaan kolmivaihesyötöt. Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin opetussähkökeskuksen pääkaaviossa esitettyjen suojalaitteiden valintaa ja keskuksen energiamittareita.

5.3.1 Johdonsuojakatkaisijoiden valinta

Keskuksen johdonsuojakatkaisijoiden nimellisvirta on määriteltä joko arvioimalla tai laskemalla luvun 4.3.1 mukaisesti. Katkaisijan tyyppi on määritetty siten, että resistiivisille kuormille on valittu B-typin johdonsuojakatkaisija. Lievästi induktiivisille kuormille, kuten pistorasia- ja moottoreita syöttäville ryhmille on valittu C-typin johdonsuojakatkaisija, joka kestää B-typin katkaisijaa paremmin käynnistysvirtoja. [7, s. 258.]

Keskuksen johdonsuojakatkaisijoina on suunniteltu käytettäväksi valmiskeskuspohjan mukaisesti Hagerin jousiliitännällisiä johdonsuojakatkaisijoita. Jousiliitännällisillä katkaisijoilla helpotetaan johtimien kytkemistä liittimiin ja estetään ruuviliitännällisissä katkaisijoissa ongelmana oleva ruuvinkantojen pyöristyminen. Valmiskeskuspohjan mukana tulevia C10- ja C16-johdonsuojakatkaisijoita on tarkoitus hyödyntää opetussähkökeskukseen, ja tämä on otettu huomioon myös tarvikeluetteloja tehdessä (Liite 2).

5.3.2 Keskuksen energiamittarit

Opetussähkökeskuksen energianmittaukseen käytetään 2-tariffimittausta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mittari sisältää kaksi erillistä laskijalaitetta, joilla voidaan mitata joko päivä- ja yökulutusta tai kausikulutusta. [11.]

Koululla on kahdenlaisia 2-tariffimittareita, joita on tarkoitus käyttää opetussähkökeskuksen energiamittareina. Mittarit ovat Kamstrupin 162M ja 382M. Kamstrup 162M on S0-pulssilähdöllä varustettu suora yksivaihekilowattituntimittari, joka sisältää valmiuden käyttää mittaria älymittari- ja kotiautomaatiojärjestelmiin. Mittarissa on optinen liitäntä, jonka avulla pystytään mittaridatan lukemisen lisäksi ohjelmoimaan mittarin asetuksia METERTOOL-ohjelmalla. Mittari on saatavilla varustettuna integroidulla katkaisulaitteella, jolla voidaan tarvittaessa katkaista sähkönsyöttö. Kamstrupin 382M mittarissa on muuten samat ominaisuudet kuin 162M mallissa, paitsi se on tarkoitettu kolmivaiheiseen energianmittaukseen. [12.]

5.3.3 Keskuksen KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmä on nykyaikainen, taloudellinen ja helposti mukautettava järjestelmä erilaisten mukavuustoimintojen ja loogisien operaatioiden toteuttamiseen, mitkä ovat hankalasti toteutettavissa perinteisillä järjestelmillä. Suurin ero KNX-järjestelmässä verrattuna perinteisesti toteutettuun sähköasennukseen on siinä, että KNX-järjestelmässä kuorma kytketään päälle epäsuorasti. Kaikki käyttöliittymät ja toimilaitteet liitetään yhteiseen siirtotiehen eli erillisellä KNX-virtalähteellä toteutettavaan KNX-väylään. Järjestelmän avulla valaistusta voidaan kytkeä painikkeilla ja himmentää säätimillä erikseen, ryhmissä ja eri paikoista. Valaistuksen ohjaustoiminto voidaan myös yhdistää mm. aurinko- ja näkösuojien toimintojen, turvallisuustoimintojen ja turvavalaistustoimintojen yhteyteen. Lisäksi KNX-järjestelmä on toimiva ja toteutuskelpoinen ratkaisu mm. lämmitysjärjestelmien, kuormituksen hallintajärjestelmien, valvontajärjestelmien ja muiden talotekniikan järjestelmien sovelluksiin. [10, s. 9-23.]

Opetussähkökeskukseen sijoitettuun KNX-järjestelmään on käytetty ABB:n KNX-laitteita, jotka toimivat sekä tehonsyötön että ohjauksien osalta 230 V:n vaihtojännitteellä. Järjestelmä käsittää KNX-virtalähteen, KNX-yleissäätimen ja KNX-verhomoottorihajaimen, joihin voidaan kytkeä valaistus- ja verhomoottorilähtöjä sekä niiden ohjauslaitteita. KNX-laitteiden liitännät, suojalaitteet ja johdotus on esitetty keskuksen pääkaaviossa lehdellä 3. (Liite 5.)

KNX-virtalähteenä on käytetty keskuksessa 4-moduulista kuristimella varustettua ABB:n KNX-virtalähdettä [17]. Virtalähteellä saadaan aikaan KNX-järjestelmän väylässä käytetty sähköverkkojärjestelmästä erotettu 30 V DC pienjännite SELV [10, s. 33]. Virtalähteen syöttö tulee opetussähkökeskuksen ryhmästä 18.1, ja se on ylijännitesuojattu keskuksen pääkaavion mukaisesti B6 johdonsuojakatkaisijalla (liite 5).

Opetuskeskuksen valaistuslähdet on suunniteltu toteutettavaksi KNX-järjestelmällä. Tätä varten keskuksessa on 4-moduulinen ABB:n KNX-yleissäädin. Yleissäätimessä on kaksi toisistaan erotettua 300 VA -kanavaa,

joilla voidaan toteuttaa kaksi valaistuslähtöä [18]. Yleissäätimen syöttö tulee keskuksen ryhmästä 18.2 B10-johdonsuojakatkaisijalta (liite 5).

Valaistuslähtöjä ohjaavan yleissäätimen lisäksi keskuksen KNX-järjestelmään päätettiin sijoittaa verhomoottoriohjain, sillä valaistuksen ja näkö- ja aurinkosuojaohjaustoiminnot voidaan yhdistää tarvittaessa toisiinsa. Järjestelmään liitetyllä 4-moduulisella ABB:n KNX-verhomoottoriohjaimella voidaan toteuttaa kahden yksivaiheisen 230 V AC verhomoottorin ohjaus. Verhomoottoriohjainta voi tarvittaessa käyttää myös ovien, ikkunoiden ja ilmanvaihtopeltien ohjaukseen. Verhomoottoriohjaimessa on kummallekin kanavalle omat painikkeensa, joilla voidaan toteuttaa käsiohjaus haluttuun ajosuuntaan. Ohjaimessa on lisäksi LED-merkkivalot, jotka näyttävät molempien lähtöjen tilatiedot. KNX-verhomoottoriohjaimen syöttö tulee keskuksen ryhmästä 18.3, ja sen ylijännitesuojana on C10-johdonsuojakatkaisija (liite 5). [19.]

5.4 Keskuksen SLY 1.2 -kytkennän piirikaavio

Liitteessä 6 on esitetty opetussähkökeskuksen sähkölämmityksen SLY 1.2 -kytkennän piirikaavio. Kyseistä kytkentää päätettiin käyttää keskuksessa, koska se on sähkölaitosyhdistyksen suosituksen SLY7/92 mukainen kytkentäsuositus sähkölämmityksen ohjaukseen ja käytössä varsin yleisesti. Kytkentäsuosituksella varmistetaan sähkölämmityksen ohjausreleiden merkintöjen ja riviliitinten tunnuksien vastaavuus eri keskusvalmistajien valmistamien keskusten kanssa. Kytkennän käytöllä pyritään mahdollisimman tasaiseen energiankulutukseen, mikä on sähköverkkojen taloudellisen käytön edellytys. Käytännössä tämä mahdollistamalla lämmitysajankohdan siirto vuorokauden aikoihin, jolloin muu sähkönkulutus on vähäisempää. Sähkölämmitystä on perinteisesti ohjattu erillisellä VKO-laitteella, mutta tämän käyttö on vähentymässä etäluettavien mittareiden yleistyessä. Nykyään käytössä olevien etäluettavien mittareiden tekniikka mahdollistaa nimittäin sähkölämmityksen ohjauksen, ja niiden käyttö tässä tarkoituksessa onkin yleistymässä. [13.]

Projektiin käytettävään UTU:n vakiokeskukseen on sisällytetty jo alun perin SLY 1.2 -kytkentä, joten sitä ei tarvinnut suunnitella itse. Piirikaaviota kytkennästä ei

ollut keskusvalmistajan verkkosivuilla olevissa dokumenteissa, joten sen joutui piirtämään itse käyttäen apuna ST-ohjeisto 7 -julkaisun liitteessä 1 olevaa piirikaaviota ja Enston dwg-pohjaa kyseisestä kytkennästä [14.].

SLY 1.2 -kytkennällä voidaan ohjata sähkölämmitystä ja lämminvesivaraajaa. Liitteessä 6 olevasta piirikaaviosta voidaan nähdä, että kWh-mittari voidaan kytkeä ohjaamaan lämmitystä toimimaan yöaikaisesti ja rajoittamaan tarvittaessa huipputehoa. Ohjauskytkimillä 2S1 ja 3S1 voidaan erikseen ohjata lämmityspiirejä toimimaan joko jatkuvatoimisin tai varaavina yöhä. Toinen sähkölämmityspiireistä on varustettu vuorottelutoiminnolla. Toiminnon periaatteena on katkaista lämmityspiiri, kun kiuas kytketään päälle. Vuorottelu on toteutettu kytkennässä kiukaan apureleellä 10K1. Lämminvesivaraajan ohjaukseen käytetään 0-A-1-kytkintä, jolla voidaan ohjata varaaja tarvittaessa päälle päivällä. Ohjaus palautuu automaatile seuraavalla kerralla, kun yö sähkö muuttuu päivä sähköksi. [13, s. 7.]

5.5 UPS-moduulikotelon piirustukset

UPS-moduulikotelolla on tarkoitus järjestää automaatio- ja turvatekniikan lähtöjen varmennettu tehonsyöttö. Idea varmennetun tehonsyötön sijoittamisesta keskukseen tuli automaatio- ja turvatekniikan opettajalta. Alun perin suunniteltiin, että UPS-lähdöt olisi sijoitettu varsinaiseen opetuskeskusrunkoon. Suunnitelma ei kuitenkaan toteutunut, koska keskuksessa ei ollut riittävästi tilaa, ja näin UPS-lähdöt päätettiin sijoittaa omaan kokonaisuuteensa.

UPS-moduulikotelon sähköpiirustukset on esitetty liitteessä 7. Kotelosta piirrettiin kokoonpanokuva ja pääkaavio. Kotelon runkona päätettiin käyttää Enston Cubelo11 -moduulikotelo, koska se oli sopivan kokoinen kyseiseen toteutukseen. Lisäksi se sisälsi valmiina N- ja PE-johtimille tarvittavat riviliittimet.

Kokoonpanokuvassa on esitetty koteloon sijoitettavat komponentit, sisäinen johdotus, riviliittimet ja sähköselitys. Sähköselityksessä on annettu tarkentavia tietoja kotelon asennukseen, sisäiseen johdotukseen sekä johdinten- ja kompo-

nenttien merkintöihin liittyen. Pääkaaviossa taas on esitetty kotelon syöttökaapeli, pistorasian johdotus ja kotelon suojalaitteet. (Liite 7.)

Koululla oleva yksivaiheinen pistotulppaliitännällinen 3000 VA:n APC Smart -UPS voidaan kytkeä moduulikotelossa olevaan DIN-pistorasiaan. Moduulikotelon 25 A:n pääkytkin 0Q1 ja pistorasiaryhmän 1.1 C16-johdonsuojakatkaisija täytyy kytkeä 1-asentoon, jotta pistorasialle tulee jännite. Lisäksi opetussähkökeskuksessa sijaitseva UPS-moduulikotelon syötön C20-johdonsuojakatkaisija ryhmässä 17.2 täytyy olla kytkettynä 1-asentoon. UPS-moduulikotelon syöttökaapelin tyyppi on MMJ 3x6 mm², ja se valittiin syöttöä suojaavan johdonsuojakatkaisijan koon perusteella. Moduulikotelo on tarkoitus asentaa samaan telineeseen opetussähkökeskuksen kanssa tai opetusrunkoon taakse tai sivulle. Koteloon liitettävä UPS-laite on taas tarkoitus sijoittaa omaan räkkiinsä samaan tilaan keskuksen kanssa. (Liitteet 5 ja 7.)

5.6 Vikasimulaatiokotelon piirustukset

Vikasimulaatiokotelolla voidaan kytkeä opetussähkökeskukseen vikoja. Turvallisuussyistä vikakohteeksi rajattiin opetussähkökeskukseen sijoitettu DIN-pistorasia, jota käytetään pelkästään vikasimulointiin. Kotelossa on kaksi vikakytkintä (S2 ja S3), joilla voidaan kytkeä pistorasiaan simuloituja vikatilanteita. Nämä simuloitut vikatilanteet ovat huono maadoitus ja sisäisen johtimen katkeama.

Vikasimulointikotelon kotelorunkona päätettiin käyttää Enston Cubo S -sarjan koteloa, jonka leveys on 250 mm, korkeus 175 mm ja syvyys 100 mm. Kotelorungon pohjaan kiinnitetään rinnakkain kaksi DIN-kiskoa, johon käytettävät kojeet kiinnitetään. Koteloon kytkettävät kytkimet ja merkkilamput asennetaan kiinni kotelon kanteen. Johdonsuojakatkaisijoiden asentamista varten täytyy kanteen tehdä aukko, jotta kytkimien vipuosa tulee kannen yläpuolelle. Tämän vuoksi kotelon vasemman puoleista DIN-kiskoa joutuu korottamaan 20 mm korotustapeilla. (Liite 8.)

Vikasimulointikotelon kokoonpanopiirustuksessa on esitetty komponenttien sijoitukset kotelorunkoon. Lisäksi kokoonpanopiirustukseen on annettu kotelon asennusta, sisäistä johdotusta, kytkentöjä sekä komponenttien, johdinten ja rivi-liitinten merkintöjä ohjeistava sähköselitys. Kotelon sähköselityksessä on myös kuvattu vikasimuloinnin toiminta ja vikatoiminnot. (Liite 8.)

Sähköselityksessä kuvattu vikasimuloinnin toiminta on seuraava:

1. Kotelo saadaan jännitteiseksi kääntämällä opetussähkökeskuksessa sijaitseva ryhmän 17.3 johdonsuojakatkaisija ON-asentoon ja kytkemällä vikasimulointikotelon pääkytkin 0Q1 1-asentoon.
2. Opetussähkökeskuksen vikasimulointipistorasia saadaan jännitteiseksi kytkemällä vikasimulointikotelossa sijaitsevan ryhmän 1.1 johdonsuojakatkaisija ON-asentoon. Tällöin vikasimulointitila ei ole käytössä, mutta pistorasia on jännitteinen ja normaalitilassa. Vikojen simulointi ei ole vielä mahdollista.
3. Vikasimulointitila saadaan käyttöön kääntämällä vikasimuloinnin ohjaus-
sulake ryhmässä 1.2 ON-asentoon ja kytkemällä vikasimuloinnin ohjaus-
kytkin S1 1-asentoon. Tällöin vihreä merkkilamppu H1 syttyy, jos vikakyt-
kimet S2 ja S3 ovat 0-asennossa.
4. Vikojen simulointi on nyt käytössä ja vikoja voidaan aiheuttaa vikasimu-
lointipistorasiaan kotelon S2 ja S3 vikakytkimillä. (Liite 8.)

Vikasimulaatiokotelolla toteutettavat vikatoiminnot ovat seuraavat:

- Ei vikoja
 - Kun vikasimulointitila on päällä sekä vikakytkimet S2 ja S3 on 0-asennossa, vikasimulointipistorasia on jännitteinen ja normaalitilassa. Tällöin vihreä merkkilamppu H1 palaa.
- Vika 1: Huono maadoitus
 - Kun vikasimulointitila on päällä ja vikakytkin S2 on 1-asennossa, vikasimulointipistorasiaan syntyy maadoitusvika, ja punainen merkkilamppu H2 syttyy.
 - Vian ollessa kytkettynä vikasimulointipistorasian PE-johdin kulkee $12\ \Omega$:n vastuksen kautta, eikä mitattua suojajohtimen jatkuvuutta (mitattuna opetussähkökeskuksen PE-kiskon ja vikasimu-

lointipistorasian PE-liittimen väliltä) voida pitää enää vaatimusten mukaisena.

- Vika 2: Sisäisen johtimen katkeama
 - Kun vikasimulointitila on päällä ja S3-vikakytkin on 1-asennossa, vikasimulointipistorasiaan syntyy sisäisen johtimen katkeamaa simuloiva vika, ja punainen merkkilamppu H3 syttyy.
 - Vikasimulointipistorasian N-johdin kulkee kontaktorin K2 avautuvan koskettimen läpi. Vikakytkeimen S3 kytkeminen 1-asentoon saa kontaktorin K2 vetämään, jolloin sen avautuva kosketin aukeaa. Tällöin vikasimulointipistorasialle menevä N-johdin katkeaa. (Liite 8.)

Liitteen 8 piirikaaviossa on esitetty vikasimulointikotelon sisäinen johdotus ja sähköinen toiminta virtapiireittäin. Piirikaaviosta on tärkeä ottaa huomioon kotelolta opetuskeskuksen vikasimulointipistorasialle lähtevä johdotus. Pistorasian N- ja PE-johtimia ei nimittäin kytketä opetussähkökeskuksen N- ja PE-kiskoihin, vaan ne tuodaan suoraan sellaisenaan kotelon riviliittimiltä pistorasian N- ja PE-liittimiin.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena oli sähkösuunnitelmien tekeminen talotekniikan opetuksessa käytettäväksi tarkoitettuun sähkökeskukseen. Päätin tehdä opinnäytetyöni tästä aiheesta, koska aihe oli mielenkiintoinen ja siinä oli tarpeeksi haastetta. Itselläni ei ollut ennen tätä opinnäytetyötä minkäänlaista kokemusta tämäntyyppisen projektin läpi viemisestä, ja tämän vuoksi projektin käyntiin saattaminen tuotti hieman vaikeuksia. Opinnäytetyöprosessi onnistui lopulta kuitenkin kokonaisuutena hyvin. Lisäksi projekti opetti minulle paljon uutta ja avarsi näkemystäni kiinteistöjen talotekniikasta, jota sähkötekniikan koulutusohjelmassa ei ollut kuin muutaman kurssin verran.

Projektin taustatyö ja standardien läpikäyminen vei paljon aikaa projektin alussa, mutta se oli silti tärkeä osa prosessia. Sillä varmistettiin, että keskuksessa suunniteltiin vaatimusten mukainen ja että kaikkien projektiin osallisina olevien osapuolien projektiin liittyvät mielipiteet ja ideat tulivat kuuluviin. Sähkösuunnitelmia tehdessä haastavinta oli kaikkien vaatimusten huomioon ottaminen keskusrakennetta suunniteltaessa. Oma haasteensa oli myös tarvittavien komponenttien sijoittaminen keskukseseen, sillä tilaa oli keskuksessa rajoitetusti. Kaikista haasteista huolimatta sain tarvittavat suunnitelmat toteutettua, ja työn tuloksena saadussa opetussähkökeskusratkaisussa on mielestäni otettu huomioon kaikki tarpeellinen, mikä oli projektin aloituksen yhteydessä määritelty.

Parannettavaa sähkösuunnitelmiin liittyen jäi mielestäni siinä, että keskuksessa olisi voinut olla enemmän varatilaa komponenttien lisäyksille varatilaksi määritettyjen opetuslähtöjen lisäksi. Keskukseen sisällytettäviä lähtöjä oli alun perin runsaasti ja turhimmat niistä karsittiin keskuksen rajoittuneen tilan vuoksi. Ongelma otettiin huomioon käytettävää keskus pohjaa valittaessa, mutta enemmän moduulitilaa sisältävää ratkaisua ei valmismittarikeskusten valikoimasta löytynyt. Ratkaisuna ongelmaan olisi voinut olla se, että olisi pyydetty keskusvalmistajaa suunnittelemaan suurempi erikoiskeskus juuri tätä projektia varten.

Suunnittelun tuloksena saatu keskusratkaisu on mielestäni toimiva ja erittäin monipuolinen kokonaisuus talotekniikan opetusympäristönä, joten olisi opiskelijoiden kannasta hyödyllistä toteuttaa se käytännössä. Vastaavia kokonaisuuksia ei vielä ole käytössä monissa oppilaitoksissa, kuten tässä opinnäytetyössä selvitettiin. Tämä huomioon ottaen Karelia-ammattikorkeakoulu voisi ottaa askeleen eteenpäin ja olla edelläkävijä talotekniikan oppimisympäristöjen suhteen viemällä tämän projektin loppuun asti.

Kehitysideana projektiin liittyen on keskuksen vikasimulointiominaisuuden kehittäminen monipuolisemmaksi. Lisäksi keskukseseen sisältyvän UPS-järjestelmän hyödyntämistä automaatio- ja turvatekniikan opetuksessa voisi selvittää ja kehittää eteenpäin.

Lähteet

1. SoleOPS 3.4.65. Talotekniikan koulutusohjelman opetussuunnitelma 2015–2016. Karelia ammattikorkeakoulu. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 25.4.2016]. Saatavissa: https://soleops.karelia.fi/opsnet/disp/fi/ops_KoulOhjSel/tab/tab/sea?koulOhj_id=179971808&ryhmyttyp=1&lukuvuosi=178664721&stack=push.
2. SFS-käsikirja 640. Sähkökeskukset. SFS Ry. Helsinki. 2016. ISBN 978-952-242-345-0.
3. Energiamarkkinavirasto. Sähkönkulutuksen mittaus. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 27.4.2016]. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-kulutuksen-mittaus>.
4. Energiamarkkinavirasto. Sähkön hinta. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 27.4.2016]. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hinta>.
5. SFS-käsikirja 600-3. Sähköasennukset. Osa 3: Sähkötyöturvallisuus. SFS Ry. Helsinki. 2012. ISBN 978-952-242-203-3.
6. SFS-käsikirja 600-1. Sähköasennukset. Osa 1: Pienjännitesähköasennukset. SFS Ry. Helsinki. 2012. ISBN 978-952-242-201-9.
7. D1-2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo. Espoo. 2013. ISBN 979-952-231-079-8.
8. UTU. Keskukset. Vakioidut mittauskeskukset. BOXER 3836+SLY1.2J 2T. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 6.5.2016]. Saatavissa: <http://www.utu.eu/t/3332022>.
9. Jakokeskusopas. Asentajasarja. Sähköinfo. Espoo. 2014. ISBN 978-952-231-114-6.
10. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. KNX Perusperiaatteet. ZVEI-ZVEH. 5. korjattu painos. 2006.
11. Sähkön kilpailutus. Sähkötuotteet eli tariffit. 2010. Verkkosivu. [Viitattu 9.5.2016]. Saatavissa: https://www.kilpailuttaja.fi/palvelut/tuki_ja_ohjeet/Sahkon_hinta_ja_kilpailuttaminen_kilpailuttajafi_palvelussa/sahkotuotteet_eli_tariffit/.
12. Kamstrup 162 M/ 382 M Data Sheet. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 16.5.2016]. Saatavissa: <http://products.kamstrup.com/index.php#>.
13. ST-ohjeisto 7. Sähkölämmityksen ohjaus ja säätö. Sähkötieto ry. Espoo. 2016. ISBN 978-952-231-149-8 (pdf). Verkkosivu. [Viitattu 16.5.2016]. Saatavissa: <http://severi.sahkoinfo.fi.tietopalvelu.karelia.fi/item/351?search=SLY>.
14. Ensto. Tuotteet. Sähkökeskukset. Mittauskeskukset. ESNV365.54 pääkaaviot. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 16.5.2016]. Saatavissa: http://products.ensto.com/documents/keskukset/Keskukset/ESNV365_54/.
15. Ijäs, J. Kysymys sähkö- tai talotekniikan opetusvälineistä [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Sami Siponen. Lähetetty 4.5.2016.
16. Kivirinta, J. Kysymys sähkö- tai talotekniikan opetusvälineistä [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Sami Siponen. Lähetetty 11.5.2016.
17. ABB. Tuotekortti. SV/S30.320.1.1. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 17.5.2016]. Saatavissa: http://www.asennustuotteet.fi/catalog/20164/product/35675/SV/S30.320.1.1_FIN1.html.

18. ABB. Tuotekortti. UD/S2.300.2. 2016. Verkkosivu. [Viitattu 17.5.2016]. Saatavissa:
http://www.asennustuotteet.fi/catalog/20164/product/35675/SV/S30.320.1.1_FIN1.html.
19. ABB. Tuotekortti. JRA/S2.230.2.1.2016. Verkkosivu. [Viitattu 17.5.2016]. Saatavissa:
http://www.asennustuotteet.fi/catalog/21728/product/25325/JRA/S2.230.2.1_FIN1.html.

Piirustusluettelo

16.5.2016									
Piirustusluettelo									
A muutos			D muutos			RIVI NO.		PIRUSTUSNUMERO	
B muutos			E muutos			NIMIITYS		MUUTOS	
C muutos			F muutos			REV.		PVM.	
								HUOM.	
			</						

Tarvikeluettelo

16.5.2016									
TUNNUS	LAITE	TYYPPI	VALMISTAJA	PIIRUSTUS	NIMIKE	MÄÄRÄ	ALIHANK.	HUOM.	
1	3332022	Mittauskeskus	Boxer 3836+SL.Y1.2/2T 50A IP30	UTU	SÄH 4/5-1100999	3332022	1		
2	3315899	Mittauskeskus ovi 1400/75	Ovi1400/75 FE	UTU	SÄH 4/5-1100999	3315899	1		
3	3246406	Johdonsuojakaitsija	MB106 1x6A B-käyrä JL	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MB106	2		
4	3246410	Johdonsuojakaitsija	MB110 1x10A B-käyrä JL	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MB110	9		
5	3246416	Johdonsuojakaitsija	MB116 1x16A B-käyrä JL	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MB116	3		
6	3246473	Johdonsuojakaitsija	MB316 3x16A B-käyrä JL	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MB316	3		
7	3246871	Johdonsuojakaitsija	MCS310 3x10A C-käyrä JL 6kA	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MCS310	1		
8	3246873	Johdonsuojakaitsija	MCS316 3x16A C-käyrä JL 6kA	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MCS316	1		
9	3246870	Johdonsuojakaitsija	MCS120 1x20A C-käyrä JL 6kA	Hoger	SÄH 4/5-1100999	MCS120	1		
10	3260701	Vikovirtojohdonsuoja	ADA960G 30mA A/2x10A C-käyrä	Hoger	SÄH 4/5-1100999	ADA960G	1		
11	3260702	Vikovirtojohdonsuoja	ADA966G 30mA A/2x16A C-käyrä	Hoger	SÄH 4/5-1100999	ADA966G	1		
12	3246164	Vikovirtojohdonsuoja	ADM466C 30mA A/4x16A C-käyrä	Hoger	SÄH 4/5-1100999	ADM466C	1		
13	2507240	Pistorasia	SNS016 1S 16A IP2X JL DIN	Hoger	SÄH 5/10-1100999	SNS016	2		
14	2815462	Virtolähde KXX 320 mA 4 mod.	SV/S30 320.1.1	ABB	SÄH 4/5-1100999	2815462	1		
15	2815190	Yleissähkö 2x300VA, 4 moduli	UD/S2 300.2	ABB	SÄH 4/5-1100999	2815190	1		
16	2815403	Verhomoottorijohin 2-kan.	JFA/S2.230.2.1	ABB	SÄH 4/5-1100999	2815403	1		
17	3636576	Virtolähde	KDN363F 3-nop 63A vsk+8 jk 1	Hoger	SÄH 4/5-1100999	KDN363F	2		
18	3636406	Virtolähde	KDN363F 3-nop 63A vsk+8 jk 1	Hoger	SÄH 4/5-1100999	KDN363F	3		
19	2423716	Voimopistorasia Mennetes 111 16A	AAV987	Mennetes Electrotechnik GMBH	SÄH 4/5-1100999	KDN363F	3		
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
<div> <div> <div>A muutos</div> <div>B muutos</div> <div>C muutos</div> </div> <div> <div>D muutos</div> <div>E muutos</div> <div>F muutos</div> </div> </div>									
Opetussähkökeskus Muokattu UTU:n 3836+SL.Y1.2J 2T keskuksesta				TARVIKELUETTELO		<div> <div> <div>Summa</div> <div>SS/8.4.2016</div> <div>Piir. Sitten Sitten</div> </div> <div> <div>Lehti</div> <div>1/3</div> </div> </div>		<div> <div> <div>Siirtolupa</div> <div>Siirtolupa</div> </div> <div> <div>Siirtolupa</div> <div>Siirtolupa</div> </div> </div>	
						SÄH		2-1100999	

Tarvikeluettelo

A muutos						D muutos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
----------	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--


Tarvikeluettelo

[illegible]

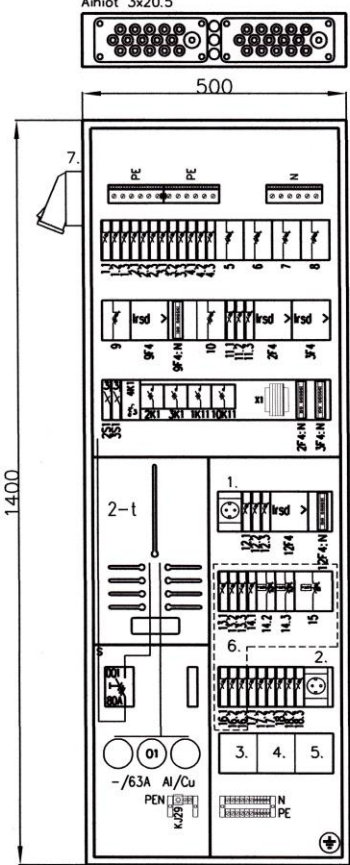
Opetussähkökeskuksen kansilehti

D muutos E muutos F muutos	<p>SÄHKÖTEKNISET TIEDOT :</p> <p>1. NIMELLISJÄNNITE / -VIRTA / -TAAJUUS 400 V 50 A 50 Hz</p> <p>2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS < 10 kA</p> <p>3. TASATTU- / ASENNETTU TEHO / COSφ kW kW cosφ</p> <p>4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT <input checked="" type="checkbox"/> EI <input type="checkbox"/> ON JÄNNITE ____ V VIRTA ____ A</p> <p>5. AC-KISKOT TAI JOHTIMET <input type="checkbox"/> L1,N <input type="checkbox"/> L1,N,PE <input type="checkbox"/> L1,L2,L3,N <input checked="" type="checkbox"/> L1,L2,L3,N,PE</p> <p>RAKENNETIEDOT :</p> <p>1. KESKUSLAJI <input type="checkbox"/> KENNO <input checked="" type="checkbox"/> KOTELO <input type="checkbox"/> KEHIKKO</p> <p>2. ASENNUSTAPA <input checked="" type="checkbox"/> PINTA <input type="checkbox"/> UPPO KOTEL. LUOKKA IP 20</p> <p>3. KIINNITYS <input type="checkbox"/> LATTIA <input type="checkbox"/> SEINÄ <input checked="" type="checkbox"/> TELINE</p> <p>4. OVILAITE <input type="checkbox"/> LUKKO <input checked="" type="checkbox"/> SALPA</p> <p>5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVY <input checked="" type="checkbox"/> AVOIN <input type="checkbox"/> PALONKESTÄVÄ</p> <p>6. MAALAUUS <input checked="" type="checkbox"/> VAKIO <input type="checkbox"/> ERIKOIS</p> <p>7. MITAT KORKEUS : 1400 LEV. : 500 SYV. : 100</p> <p>KALUSTUSTIEDOT :</p> <p>1. KALUSTUSTYYPPI <input checked="" type="checkbox"/> KIINTEÄ <input type="checkbox"/> ULOSV. <input type="checkbox"/> ULOSOT.</p> <p>2. KALUSTUSTAPA <input checked="" type="checkbox"/> YKSIKKÖ <input type="checkbox"/> KESKITETTY</p> <p>3. MERKKILAMPUT <input type="checkbox"/> HEHKU <input type="checkbox"/> HOHTO <input type="checkbox"/> LEDI</p> <p>4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA <input type="checkbox"/> SÄHKÖLAITOS <input type="checkbox"/> VALMISTAJA <input checked="" type="checkbox"/> KOULULTA</p> <p>KAAPELOINTI :</p> <p>1. SYÖTTÖKAAPELI <input checked="" type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ <input type="checkbox"/> ALHAALTA</p> <p>2. PÄÄKAAPELIT <input checked="" type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ <input checked="" type="checkbox"/> ALHAALTA <input checked="" type="checkbox"/> KOJEISIIN <input type="checkbox"/> RIVIL.</p> <p>3. OHJAUSKAAPELIT <input type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ <input type="checkbox"/> ALHAALTA <input type="checkbox"/> KOJEISIIN <input type="checkbox"/> RIVIL.</p> <p>TUNNUSMERKINNÄT :</p> <p>1. TUNNUSKILVET <input checked="" type="checkbox"/> VALM.NORM. <input type="checkbox"/> ERILL.OHJE</p> <p>2. KOJEMERKINNÄT <input checked="" type="checkbox"/> JUOKSEVA <input type="checkbox"/> KENNOKOHT. <input type="checkbox"/> ERILL.OHJE</p> <p>MUUT TIEDOT : <u>Keskus on muokattu UTU:n 3836+SLY 1.2J 2T keskuksessa. Keskus asennetaan pyöräilijälle telineelle</u></p> <p><u>keskuksen opetustarkoitusta varten. Keskukseen on sisällytetty KNX-tekniikkaa, jossa väyläjännite on 30 VDC.</u></p> <p><u>Keskuksen releet ja ohjaukset lämmityksille ja lämminvesivaraajalle ovat valmistajan normaalit.</u></p> <p><u>Keskukseen sisältyy erillinen UPS-lähtömoduuli ja vikasimulointiohjaukskatelo.</u></p> <p><u>Lisätietoja piirustuksien yhteydessä.</u></p>								
A muutos B muutos C muutos	<p>Opetussähkökeskus Muokattu UTU:n 3836+SLY1.2J 2T keskuksessa</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">KANSILEHTI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Suunn. SS /3.4.2016</td> <td style="width: 25%;">Kokonaisuus SPK</td> <td style="width: 25%;">Sähköpositio</td> <td style="width: 25%;">Tönnönumero 3332022</td> </tr> <tr> <td>Piiri: Sami Sponen Tark.</td> <td>Lehti 1/1</td> <td>Piirustusnumero</td> <td>SÄH 3-1100999</td> </tr> </table>	Suunn. SS /3.4.2016	Kokonaisuus SPK	Sähköpositio	Tönnönumero 3332022	Piiri: Sami Sponen Tark.	Lehti 1/1	Piirustusnumero	SÄH 3-1100999
Suunn. SS /3.4.2016	Kokonaisuus SPK	Sähköpositio	Tönnönumero 3332022						
Piiri: Sami Sponen Tark.	Lehti 1/1	Piirustusnumero	SÄH 3-1100999						

Opetussähkökeskuksen kokoonpanokuva

 UTU OY PL 20, 28401 ULVILA	Puh: 02-550 800 Fax: 02-550 8333 www.utu.eu	
--	---	--

2 x MC-MULTIGATE 16
Aihiot 3x20.5



Keskuksen syvyys 100 mm

MC-MULTIGATE 16
Aihiot 1x48+1x23,5+3x37,5 mm


Sähköselitys

- Keskus asennetaan pyörälliselle telineelle keskuksen siirtelyä varten.
- Keskuksen sisäisessä johdotuksessa syöttöpuolella käytetään Hagerin KDN363 B/F virtakiskoa tai tarvittaessa MK 16 mm2:n johtimia.
 - Johdinmerkintöjen tulee olla standardien SFS-EN-60445 ja SFS-EN-60446 mukaisia.
 - Keskuksen kajojen merkintöjen tulee olla pääkaavion mukaiset
 - Johdonsuojien ja muiden kajojen merkintään löytyy pohja täältä: <http://www.utu.eu/tuotteet/keskukset/vakioidut-mittauskeskukset/mittauskeskukset-ip30-boxer>
- Vikasimulaatiopistorasian kohdalla oltava merkintä:
EI MUUHUN KÄYTTÖÖN KUIN VIKASIMULointiin!
- Keskuksen N-PE välinen yhdistys on poistettava (kansimerkintä myös).
- Kaapeloinnit UPS-moduulikatolalle ja vikasimulaatiokatolalle tuodaan keskuksen yläkautta.
- Keskuksen suojakannet varustetaan keskuksen opetuskäytöstä johtuen magneettipitimillä ja keskuksen ovien käsisalvan tilalle on vaihdettava työkalusalpa.

1. Opetussähkökeskuksen pistorasia testaus- tai ym. laitteiden syöttöön
2. Vikasimulointipistorasia, EI MUUHUN KÄYTTÖÖN!
3. ABB:n SV/S30.320.1.1 KNX-virtalähde 320 mA, väylä 30 VDC
4. ABB:n UD/S2.300.2 KNX-yleissäädin 2x300 VA, 2 kan.
5. ABB:n JRA/S2.230.2.1 KNX-verhomuottorinohjain, 2 kan.
6. Opetuslähöjen 13-16 syöttöjen johdotus ketjuttamalla komponenttilta toiselle ryhmäkohtaisten muutosten tekemisen helpottamiseksi
7. Keskuksen syötön voimapistorasia Mennekes 111 16 A 16A 5P6H400V.
 - Asennus joko keskuksen kylkeen tai telineeseen.
 - Voimapistorasian kaapeli MMJ 5x2,5 S tuodaan keskuksen yläältä.
 - Itse syöttö tuodaan voimapistorasiaan 16 A:n voimapistotulopaisella kumikaapelilla (5x2,5 mm2) syöttöpisteestä.

PÄÄKYTKIN EI KATKAISE
JÄNNITETTÄ MITTARILTA

EN 60 439-3	Sähkö n:o 3332022	Nimellinen toaioituskerron 2--3 autom./vaihe 0,8
Malli Boxer 3836+SLY1.2J 2T (muokattu)		4--5 autom./vaihe 0,7
Pl / kW	In / A	Un / V
		Pn / kW
Nimellisjännite	Un 400 V	Nimellistaoajuus 50 Hz
Apupiirin nimellisjännite	- V	Suojous sähköiskulta Suojamaad. ja kotolointi
Nimellisestisyjännite	Ui 400 V	Moadoitusjärjestelmä TN-S järjestelmä
Nimellisvirta, keskus	In 50 A	Ympäristöolot Normaalit
Nimellisvirta, piirit	In - A	EMC-käyttöympäristö A ja B
Terminen rajavirta	Icw < 10 kA	Paino - kg
Dynaaminen rajavirta	Ipk - kA	

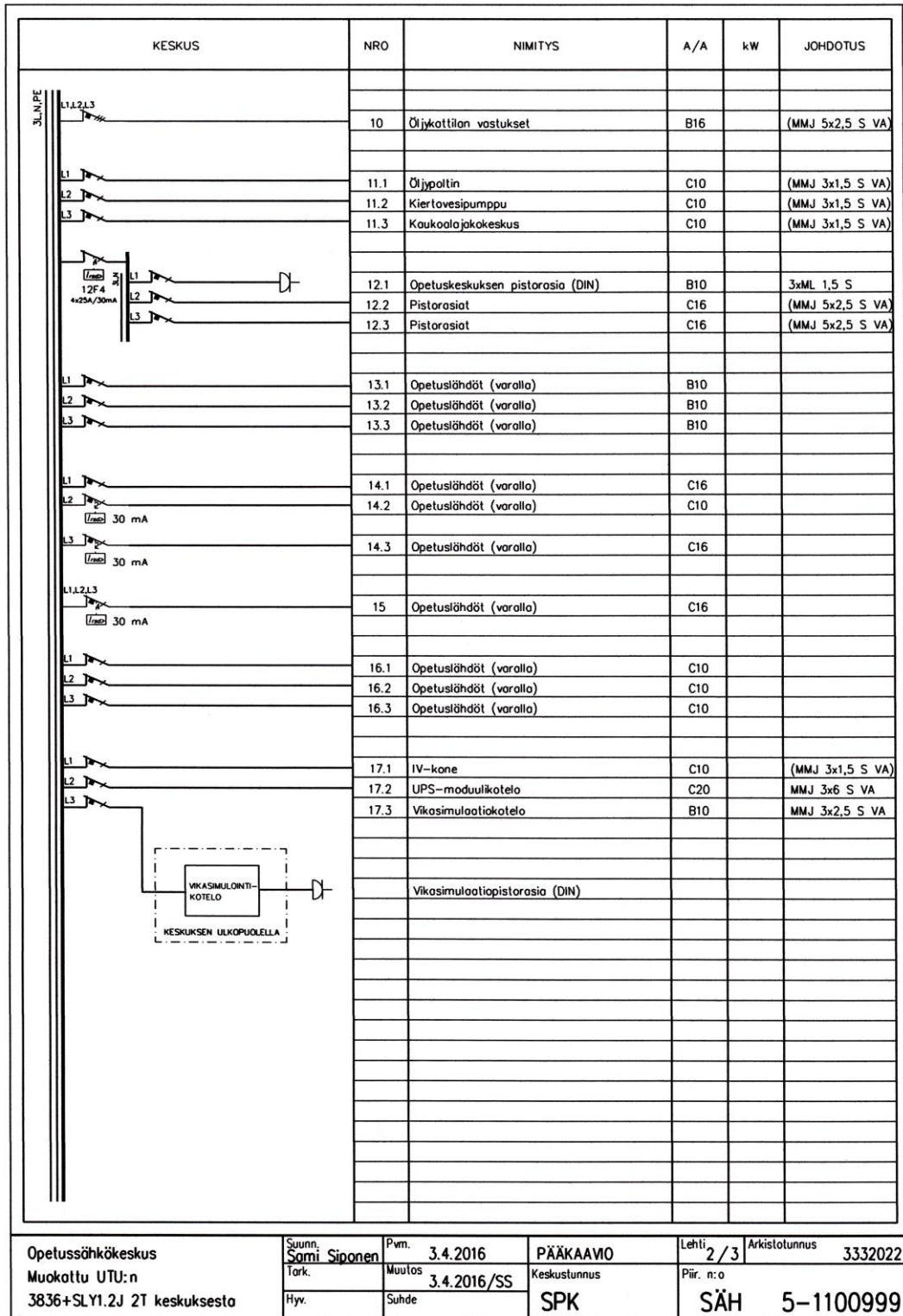
boxer	
 UTU OY MADE IN FINLAND	FI
MALLI boxer 3836+SLY1.2J2T	
IN 50 A	EN 60 439-2
UN 400 V	IP 30
F 50 Hz	TYÖ N:o 3332022

Opetussähkökeskus	Suunn. Sami Siponen	Pvm. 3.4.2016	KOKOONPANOKUVA	Lehti 1/1	Arkistotunnus 3332022
Muokattu UTU:n	Tark.	Muutos 3.4.2016/SS	Keskustunnus	Piir. n:o	
3836+SLY1.2J 2T keskukselta	Hyy.	Suhde 1:10 (A4)	SPK	SÄH 4-1100999	

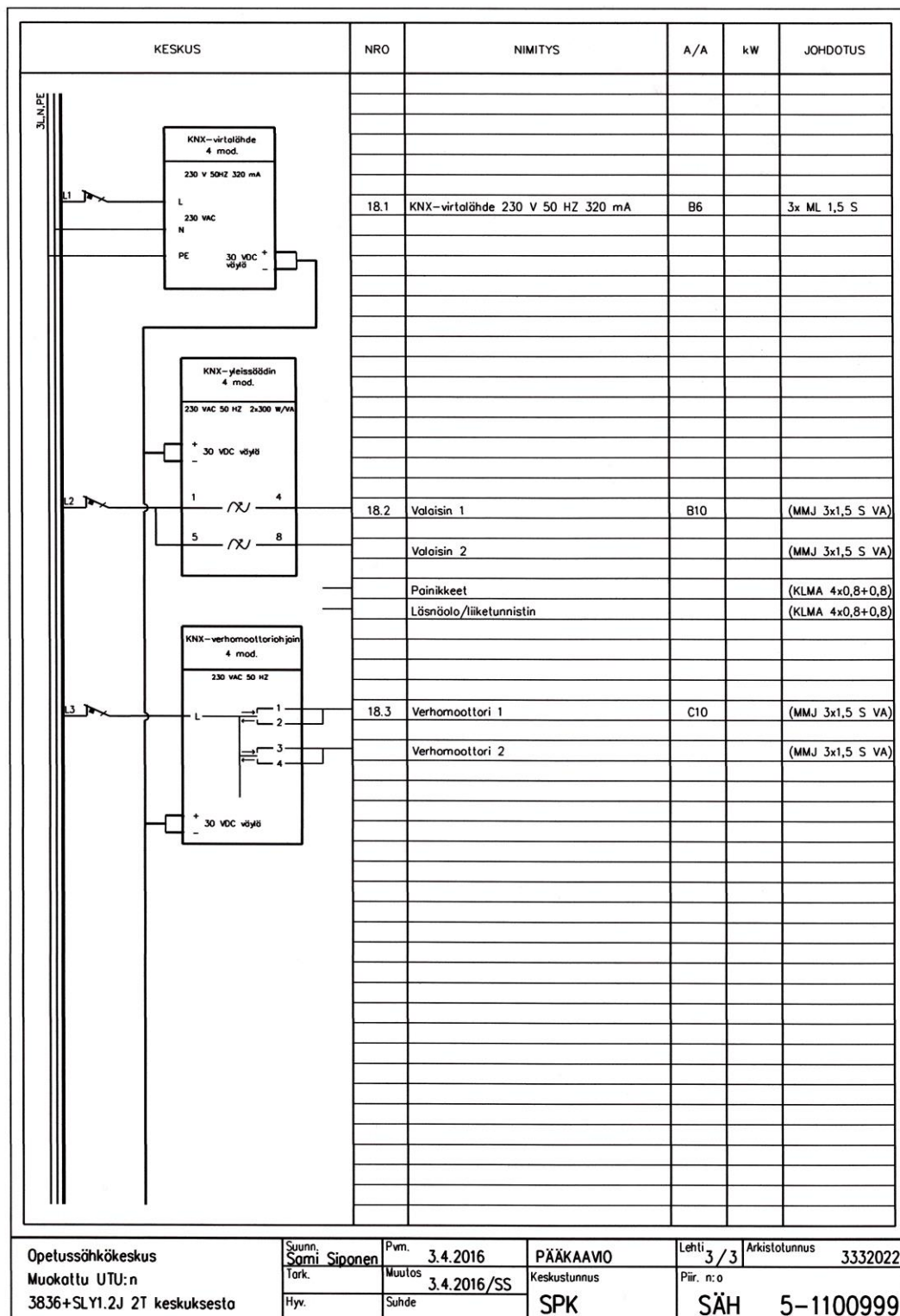
Opetussähkökeskuksen pääkaavio

[illegible]

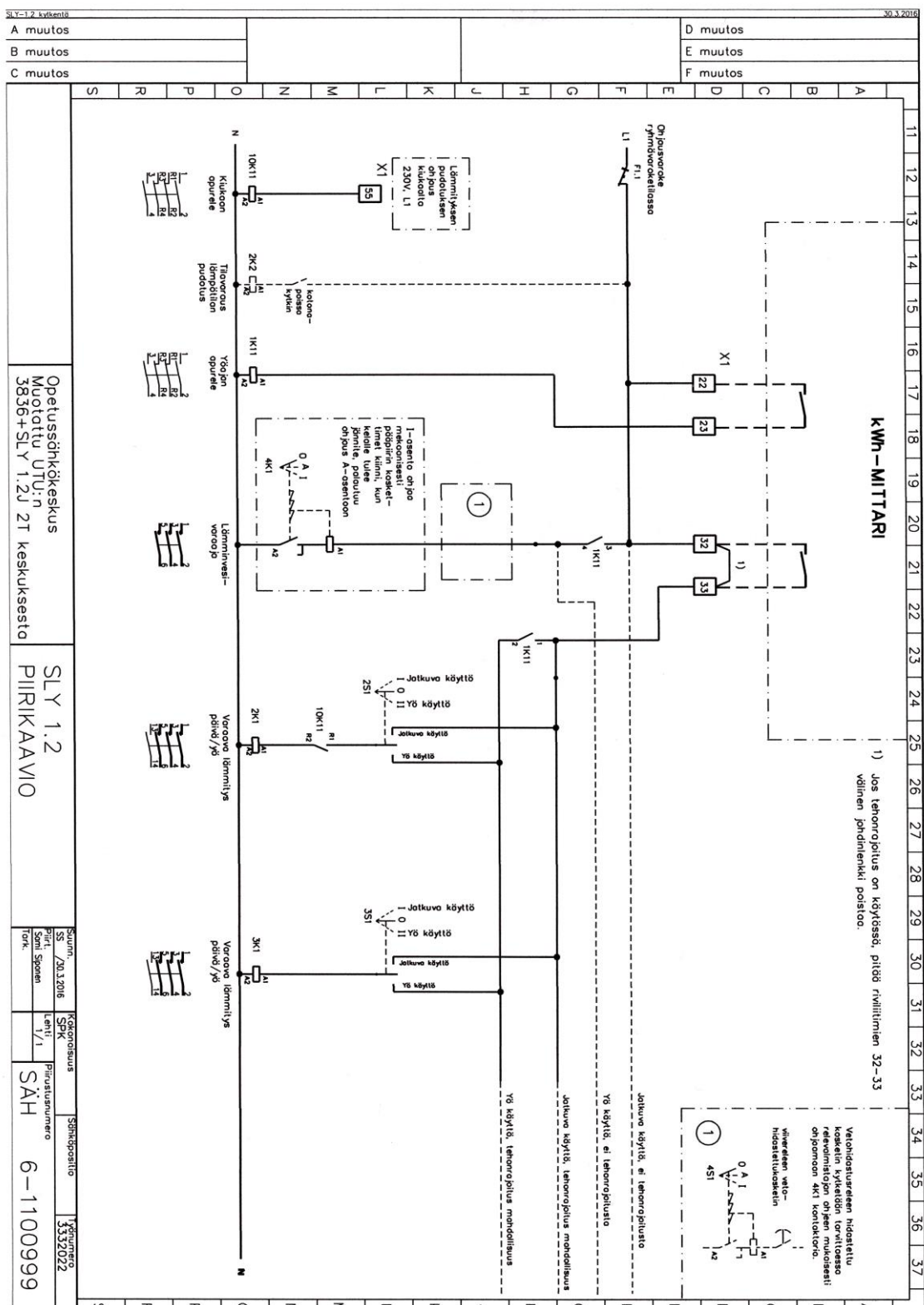
Opetussähkökeskuksen pääkaavio



Opetussähkökeskuksen pääkaavio



SLY 1.2 -kytkennän piirikaavio



UPS-moduulikotelon piirustukset

UPS-moduulikotelo (CUBEL011)
Automaattilaitteiden
vornennettu tehonsyöttö

KOKOONPANOKUVA

tyyppi	Nimellisarvo	Uljymistans	Suo pous sähkösäukite	Modooluajgrasteind	Nimellinen toasitusarvon
CUBEL011	20A	FA	4.6kW	NIN-S	4...5 voroketto/volite:
Standard	Nimellispilvite	Koteloontiluuokko	Ympäristöol	Nimellisarvo, pilvite	6...9 voroketto/volite:
EN 60 439-2	400V	IP30		Terminen nimellistestovirta	> 10 voroketto/volite:
EAN numero	Nimellistestovirta	Moosio	EMC-säyrtöympäristä	ICW	rekordivirta
3434814	50Hz	kg			

Suunn.	7/4.2016	Lehti	Prilustunumero	Sähkösäilio	190umero
Siirt	50000	1/1			3332022
Siirt	50000	1/1			

1. Pistorasio UPS:lle APC Smart-UPS 3000 VA 230 VAC
-UPS asennetuno eriliseen räkkin
2. Kuormakylkimen 001 iiltimet ketjutettavo 1~ kytkennässä

- Kotelo osennetaan kiinni telineeseen joko opetussätkökeskuseen
toakse tai sivulle.
- Kojeet merkitään kotelon mukano tulevilla nimikointitarroilla.
- kotelon pödkoavon mukaisilla tunnuksilla.
- Kotelon sisöisessä johdotuksessa koyletään MK 6 mm2:n johtimia.
- Johdinmerkinöjen oltavo standardien SFS-EN-60445 ja
SFS-EN-60446 mukaisia

220

210

Kotelon syvyys 95 mm

UPS-moduulikotelon piirustukset

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Vikasimulaatiokotelon piirustukset

[illegible]

Vikasimulaatiokotelon piirustukset

