



Kojeistojen testausalueen ja -laitteiston kehittäminen

Jonna-Riikka Ketola

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

KETOLA, JONNA-RIIKKA:
Kojeistojen testausalueen ja -laitteiston kehittäminen

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 15 sivua
Joulukuu 2019

Opinnäytetyön lähtökohtana oli TamControl Oy:n tarve kehittää kojeistojen tarkastukseen ja testaukseen liittyviä käytäntöjä. Yrityksen kasvun myötä tarve erilliselle kojeistojen testausalueelle ja -laitteistolle tuli ajankohtaiseksi. Työn tavoitteena oli tutkia, millaisia yleisiä vaatimuksia alan standardit testauslaitteistoon ja testausalueen rakenteeseen asettavat. Näiden pohjalta oli tarkoitus kehittää kojeistojen tarkastus- ja testausprosessia selkeämmäksi sekä turvallisemmaksi.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selvitettyä, millainen kojeistojen testausalue TamControl Oy:n nykyisiin tuotantotiloihin olisi mahdollista toteuttaa ja mitä toimenpiteitä sen toteuttaminen yritykseltä vaatisi. Lisäksi opinnäytetyön aikana suunniteltiin kojeistojen testauksessa käytettävä, eri jännitelähtöjä sisältävä testilaitteisto.

Testausalueen ja -laitteiston kehittämisen lisäksi työssä pohdittiin työn aikana esiin nousseita kojeistojen valmistukseen, tarkastukseen ja testaukseen liittyviä kehitysehdotuksia. Suunnitelmien mukainen testausalue sekä laitteisto päätettiin toteuttaa ensi vuonna tulevan tuotantotilojen layout-muutoksen yhteydessä.

Asiasanat: pienjännitekeskus, kojeisto, keskusstandardi, testausalue, testauslaitteisto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

KETOLA, JONNA-RIIKKA:
Developing testing environment and testing installations of PSC-assembly

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 15 pages
December 2019

The purpose of this thesis was to develop testing and inspection practices of power switchgear and controlgear assemblies. General guidelines of standards set to testing area and testing installations were researched.

The result of this thesis was a report of electrical plans for testing installations of PSC-assembly. Testing installations is used for testing new PSC-assemblies and it contains for example different voltage outputs. During the thesis, the most suitable testing area for TamControl Oy was also defined.

In addition to developing testing area and testing installations, various development proposals, related to PSC-assemblies manufacturing, testing and inspecting, were taken into consideration. The testing area and installations are planned to be implemented next year, when the layout of the production space is changed.

Key words: low-voltage switchgear and controlgear assemblies, PSC-assembly, assembly standard, testing area, testing installations

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	PIENJÄNNITEKESKUS	10
2.1	Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot.....	11
3	KOJEISTOILLE TEHTÄVÄT TARKASTUKSET JA TESTAUKSET TAMCONTROL OY: SSÄ.....	13
3.1	Silmämääräinen tarkastus	13
3.1.1	Dokumentit ja merkinnät	14
3.1.2	Kotelointiluokka.....	15
3.1.3	Suojaus sähköiskulta	17
3.1.4	Ilma- ja pintavälit.....	18
3.1.5	Johtimet ja kaapelit	19
3.1.6	Johdin- ja kaapeliliitännät	20
3.1.7	Yleinen siisteys	20
3.2	Mekaaninen koestus.....	21
3.3	Sähköinen koestus ja mittaukset.....	21
3.3.1	Eristysresistanssimittaus.....	21
3.3.2	Suojajohtimen jatkuvuus.....	23
3.3.3	Vaihejärjestys	24
3.3.4	Vikavirtasuojakytkimen toiminnan testaus	25
3.3.5	Toiminnalliset testit	26
3.4	Henkilöstö.....	26
4	MITTALAITTEET	28
4.1	Amprobe Telaris ProInstall-100	28
5	TESTAUSALUE	30
5.1	Alue	30
5.2	Suojausmenetelmä.....	32
5.2.1	Automaattinen suojaus kosketukselta	32
5.2.2	Ei automaattista suojausta kosketukselta	32
5.3	TamControl Oy:n testausalue.....	33
6	TESTAUSLAITTEISTO	34
6.1	Standardien vaatimukset testauslaitteistolle.....	34
6.2	TamControl Oy:n testauslaitteisto	36
6.2.1	Valmis suunnitelma.....	36
7	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	43

Liite 1. TamControl Oy:n tarkastuspöytäkirjan ensimmäinen sivu.....	43
Liite 2. Kojeiston sisäisten johtimien mitoitusaulukko.....	44
Liite 3. Testauslaitteiston sähkösuunnitelma.....	45
Liite 4. Kojeiston tarkastuslista	56

LYHENTEET JA TERMIT

FELV	Functional extra low voltage. Toiminnallinen pienoisjännite.
Ilmaväli	Lyhin kahden johtavan osan välillä oleva etäisyys, joka on saatu mitattua pingotettua lankaa pitkin
IP-koodi	International protection. IP-koodilla ilmaistaan koteloinnin avulla saavutettu suojausaste pölyä, vettä, vieraita esineitä ja vaarallisten osien koskettamista vastaan. Lisäksi suojauksesta voidaan antaa myös täydentävää tietoa
Jännitteellinen kojeisto	Kojeisto, jossa on jännitettä tai varausta
Jännitteetön kojeisto	Kojeisto, jonka jännite on 0 V tai lähellä sitä
Mitoitusjännite	Suurin vaihtojännitteen (tehollisarvo) tai tasajännitteen arvo, jolle kojeiston pääpiirit on suunniteltu liitettävän.
Mitoitusvirta	Kertoo joko kokonaisvirran, jonka keskuksen pääpiirit pystyvät siirtämään tai keskuksen rinnan toimivien syöttöjen virtojen summan. Mitoitusvirta on edellä mainittujen kahden vaihtoehdon pienempi arvo
Nollajohdin, N	Johdin, joka on sähköisesti yhdistetty sähköjärjestelmän nollapisteeseen. Osallistuu sähköenergian siirtoon.
PELV	Protective extra low voltage. Pienoisjännite, joka voidaan maadoittaa
PEN-johdin	Yhdistetty nolla- ja suojamaajohdin
Pienjännite	≤1000 V vaihtojännite, ≤1500 V tasajännite
Pienoisjännite	≤50 V vaihtojännite, ≤120 V tasajännite
Pintaväli	Lyhin kahden johtavan osan välillä oleva etäisyys, joka on mitattu kiinteän eristysaineen pintaa pitkin
PSC-assemblies	Power switchgear and controlgear assemblies (ammattikäyttöön tarkoitettut kojeistot)
SELV	Safety extra low voltage. Pienoisjännite, joka on maasta erotettu
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Suojajohdin, PE	Johdin, jota käytetään esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen
Testauslaboratorio	Testauslaitteisto, joka sijaitsee suljetussa tilassa tai ympäröivästä tilasta erotetulla alueella. Tilassa on tavallisesti useita testaushenkilöitä pitkiäkin aikoja
Testauspaikka Tilapäinen testauslaitteisto	Tunnistettava testauslaitteisto rajatulla alueella
TN-C	Terra Neutral Combined. Sähkönjakelujärjestelmä, jossa koko järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suoja- maajohdin
TN-S	Terra Neutral Separated. Sähkönjakelujärjestelmä, jossa koko järjestelmässä on erillinen nolla- ja suoja- maajohdin
VAC	Volts of Alternating Current. Vaihtojännite
Vaihejohdin, L1, L2, L3	Jännitteinen johdin, joka siirtää sähköenergiaa
VDC	Volts of Direct Current. Tasajännite

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli TamControl Oy:n tarve päivittää pienjännitekeskusten tarkastukseen ja testaukseen liittyviä käytäntöjä. Yrityksen kasvun ja sen myötä lisääntyneen keskustuotannon vuoksi tarve erilliselle testausalueelle ja -laitteistolle tuli ajankohtaiseksi. Tähän asti keskukset on tarkastettu ja testattu kokoonpanolinjalla niiden valmistuttua. Erillinen testausalue sekä selkeyttäisi tuotantotilaa että tekisi keskusten testaamisesta turvallisempaa.

Keskusten testaus on tähän mennessä tapahtunut erillisillä, vain testauskäyttöön tarkoitetuilla laitteilla kuten erillisillä virtalähteillä ja muuntajilla. Kaikkien testaukseen tarvittavien laitteiden sijainti yhdessä ja samassa laitteistossa nopeuttaisi testausprosessia. Testausprosessin selkeytyminen myös omalta osaltaan edistäisi entistä laadukkaampien keskusten valmistamista.

Yrityksen tuotantotilojen yhteydessä sijaitsevassa myymälässä vierailee asiakkaita päivittäin ja siitäkin syystä testauspaikan tulisi selkeästi erottua muusta tilasta. Tämä edesauttaisi sekä testaajien että asiakkaiden turvallisuutta.

Työn tavoitteena oli aluksi tutkia millaisia yleisiä vaatimuksia alan standardit pienjännitekeskusten testauslaitteistoon ja testausalueen rakenteeseen asettavat. Näiden tietojen pohjalta lähdettiin selvittämään millainen testausalue- sekä laitteisto palvelisi yrityksen tämän hetkisiä tarpeita parhaiten.

Testausalue toteutettaisiin nykyisiin tuotantotiloihin niin, että se tukisi tuotannon sujuvuutta, ei veisi liikaa tilaa ja olisi turvallinen käyttää. Mikäli päädyttäisiin vakiin testausalueeseen, suunniteltaisiin sen layout tuotantotiloihin sopivaksi.

Testauslaitteiston suunnittelun lähtökohtana oli keskittää kaikki tarvittavat testauksissa käytetyt laitteet yhdeksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena oli suunnitella sekä valmistaa laitteisto (keskus), joka palvelisi erilaisten keskusten testauksessa. Työhön kuului myös vielä puuttuvien, mutta tarvittavien testilaitteiden kartoittaminen sekä tarpeen tullen mahdollisten tarkastukseen ja testaukseen liittyvien dokumenttien päivittäminen.

Opinnäytetyö tehtiin TamControl Oy:lle (jäljempänä TamControl). TamControl on pirkanmaalainen sähkö- ja automaatioalan yritys, jonka toimipiste sijaitsee Ylöjärvellä. Alun perin yritys on perustettu komponenttien maahantuontiin ja myyntiin, mutta sittemmin toiminta on laajentunut sähkö- ja automaatio suunnitteluun, keskusvalmistukseen sekä sähkö- ja automaatioasennuksiin. Uusimpana tuotteena TamControl jälleenmyy ja kouluttaa uutta saksalaista suunnitteluohjelmaa WSCADia.

2 PIENJÄNNITEKESKUS

Pienjännitekeskus on sähkökeskus, jota käytetään energian jakeluun ja ohjaukseen. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät pienjännitekeskukset täyttävät seuraavat kriteerit

- keskuksen mitoitusjännite on enintään 1000 VAC tai 1500 VDC
- keskus on liikuteltava tai kiinteästi asennettu, kotelolla tai ilman
- keskus on tarkoitettu sähköenergian tuottamiseen, siirtoon, jakeluun, muuttamiseen sekä sähkölaitteiden ohjaamiseen
- keskus on tarkoitettu käytettäväksi erityisissä käyttöolosuhteissa (esim. laiva- ja raideliikenne, mikäli täytetään erityisvaatimukset)
- keskus on suunniteltu koneen sähkölaitteistoon (mikäli täytetään erityisvaatimukset).

(SFS-EN-61439-1 2013, 24.)

Kuvassa 1 on esitetty yhdenlainen pienjännitekeskus. Keskus löytyy SLO:n tuotevalikoimasta ja sillä ohjataan sadevesijärjestelmien lämmityskaapeleita.

Pienjännitekeskuksissa yleisesti käytettyjä komponentteja löytyy myös kuvan 1 esimerkkikeskuksesta. Komponenteilla on jokaisella oma tarkoituksensa:

1. Pääkytkin on kytkin, jolla koko kytkimen jälkeisestä piiristä voidaan tarvittaessa katkaista virta.
2. Johdonsuoja-automaatti toimii kaapeli-, laite- ja johdonsuojana ylikuormitus- ja oikosulkutilanteissa.
3. Vikavirtasuojakytkin suojaa henkilövahingoilta sekä palovaaralta.
4. Kontaktori ja rele ovat sähköisesti ohjattavia kytkimiä
5. Termostaatin avulla lämpötilaa pyritään pitämään halutulla tasolla.
6. Syöttöliittimiin kytketään keskukseen tuleva syöttökaapeli.
7. Lähtöliittimiin kytketään esimerkkikeskuksessa lämmityskaapelit sekä tarvittavat anturit.



KUVA 1. Ohjauskeskus (SLO verkkokauppa, n.d.)

Kaikkia pienjännitekeskuksia koskevat samat yleisvaatimukset ja niiden lisäksi on tiettyjä erityisvaatimuksia keskusten käyttötarkoituksesta riippuen. Yleisvaatimukset on esitetty standardissa *SFS-EN 61439-1 Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset*. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät keskuksset ovat ammattikäyttöön tarkoitettuja kojeistoja ja niiden lisävaatimukset löytyvät standardista *SFS-EN 61439-2 Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot*.

2.1 Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot

TamControlin valmistamat pienjännitekeskukset (jäljempänä kojeistot) ovat ammattikäyttöön tarkoitettuja kojeistoja, joita tämä opinnäytetyökin käsittelee. Ne on tarkoitettu muun muassa kaupallisiin ja teollisiin sovelluksiin. Niitä käytetään esimerkiksi sähkönsiirtoon, tuottamiseen, jakeluun sekä erilaisten laitteiden ohjauksiin. Kojeeistoja ei ole tarkoitettu maallikoiden käyttöön, mutta niitä voidaan sijoittaa tilaan, joihin maallikoilla on pääsy (SFS-EN 61439-2 2013, 12).

Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot eroavat maallikoille tarkoitetuista pienjännitekeskuksista muun muassa maksimi mitoitusjännitteen ja mitoitusvirran osalta.

Maallikoiden jakokeskukset saavat olla enintään 300 VAC ja 125 A mitoitusarvoilla. Maallikoille tarkoitetut jakokeskukset on tarkoitettu lähinnä sähkön jakeluun, ja ne ovat kiinteästi asennettuja ja koteloituja. (SFS-EN 61439-3 2013, 10.)

3 KOJEISTOILLE TEHTÄVÄT TARKASTUKSET JA TESTAUKSET TAM-CONTROL OY: SSÄ

Kaikki valmistetut kojeistot tulee tarkastaa ja testata. Kojeiston valmistajan päättävissä on se, suoritetaanko testejä jo kasauksen aikana vai vasta kojeiston valmistuttua (SFS-EN 61439-1 2013, 140). Näin kojeiston vaatimustenmukaisuus tulee todennettua. TamControlilla kaikille kojeistoille suoritetaan niin sanottu kappaletarkastus, jonka avulla pyritään löytämään mm. mahdolliset kojeistojen kausa aikana tulleet virheet. Kappaletarkastus suoritetaan kojeistokasauksen jälkeen. Kojeistot myös testataan, jotta niiden oikeanlainen toiminta voidaan varmistaa.

Kojeistojen tarkastus ja testaus pyritään suorittamaan aina jonkun muun kuin kojeiston tekijän toimesta. Tällä tavoin todennäköisimmin löydetään keskuksen kausa aikana tulleet virheet, sillä usein omalle työlleen tulee niin sanotusti sokeaksi ja jotakin saattaa jäädä huomaamatta.

Tarkastus- ja testausprosessi on jaettu seuraaviin pääkohtiin: silmämääräinen tarkastus, mekaaninen koestus ja sähköinen koestus sekä mittaukset. Kappaletarkastuksesta ja kojeiston testauksesta täytetään erillinen tarkastuspöytäkirja, joka lähetetään kojeiston mukana asiakkaalle ja jonka kopio TamControlilla arkistoidaan. Pöytäkirjasta käy ilmi kojeiston yksilöintiä ja seuranta varten tarvittavat tiedot sekä tarkastetut ja testatut kohteet. Pöytäkirjaan kirjataan myös käytetyt mittalaitteet ja saadut mittaustulokset. Liitteessä 1 on esitetty TamControl Oy:n käytössä olevan tarkastuspöytäkirjan ensimmäinen sivu.

3.1 Silmämääräinen tarkastus

Kojeistojen tarkastusprosessi aloitetaan silmämääräisellä tarkastuksella. Sillä varmistetaan, että keskus on sisällöltään suunnitelmien mukainen. Tarkastuksessa käydään läpi muun muassa kojeiston sisältämät komponentit, niiden merkinnät sekä johdotukset ennen kuin kojeistoa aletaan testata. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin silmämääräisen tarkastuksen kohteita.

3.1.1 Dokumentit ja merkinnät

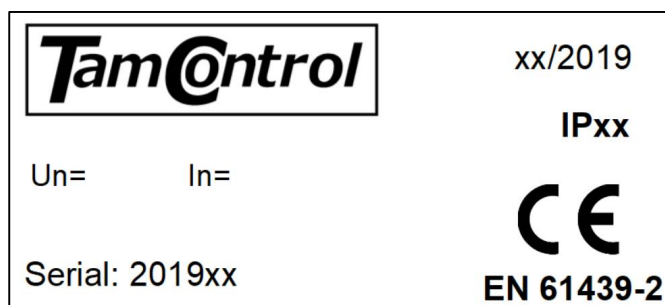
Jokaisen valmiin kojeiston mukana asiakkaalle toimitetaan keskuksen sähkökuvat, asennettujen komponenttien manuaalit, tarkastuspöytäkirja sekä mahdollisia lisädokumentteja mikäli näin on asiakkaan kanssa sovittu. Kojeston merkintöjen ja mukana annettavien dokumenttien yhdenmukaisuus varmistetaan. Esimerkiksi piirikaavioissa esiintyvien komponenttien tunnuksien tulee vastata valmiin kojeiston merkintöjä.

Mikäli kojeiston käsittely-, asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeille on tarvetta, tulee nekin toimittaa kojeiston mukana. Lisäksi jokaiseen kojeistoon tulee asentaa vähintään yksi kulutusta kestävä arvokilpi, josta käy ilmi

- kojeiston valmistaja tai tavaramerkki
- merkintä, jonka avulla valmistajalta on mahdollista saada tarvittaessa lisätietoa kojeistosta. Esimerkiksi tyyppimerkintä tai tunnistenumero
- kojeiston valmistusajankohta
- valmistuksessa sovellettava standardi: IEC-61439-2 (ammattikäyttöön tarkoitettut kojeistot).

(SFS-EN 61439-1 2013, 58-60.)

Edellä mainittujen tietojen lisäksi TamControlin arvokilvessä (kuva 2) on ilmoitettu kojeiston mitoitusjännite U_n ja mitoitusvirta I_n sekä kotelointiluokka. Kojeston arvokilven tietojen sekä tarkastuspöytäkirjan tunnistetietojen on vastattava toisiaan. Arvokilpi sijoitetaan yleensä kojeiston oveen, josta se on helposti havaittavissa ja luettavissa.



KUVA 2. TamControl Oy:n käyttämä arvokilpi

3.1.2 Kotelointiluokka

Kojeiston kotelointiluokan on silmämääräisesti vastattava suunniteltua. Kotelointiluokka ilmaisee, millainen suojausaste mm. vaarallisten osien koskettamiselta, pölyltä ja vedeltä, kojeiston koteloinnilla on saavutettu. TamControl käyttää koteiloita, jotka ovat IEC 60529-vaatimusten mukaisia. Standardissa SFS EN 60529 käsitellään tarkemmin IP-luokituksia. Mikäli kojeiston rakenteeseen on tehty muutoksia, esimerkiksi kaapeliläpivientejä, on tarkistettava, että ilmoitettu IP-luokitus säilyy ennallaan. Mikäli näin ei ole, on IP-luokitusta muutettava.

IP-luokitusmerkintä koostuu lyhenteestä IP sekä kahdesta numerosta ja mahdollisista lisä- ja täydentävistä kirjaimista. Ensimmäinen numero kertoo suojausluokan vieraita esineitä sekä pölyä vastaan (kuva 3) ja toinen numero kotelon vesisuojausominaisuuksista (kuva 4). (SFS-EN 60529:1992 2019, 14.)

Kosketus- ja vierasesinesuojaus: ensimmäinen tunnusnumero

Ensimmäinen tunnusno	Nimitys	Selitys
1	Kooltaan vähintään 50 mm kappaleiden sisääntunkeutuminen on estetty	Koesauva, nupin läpimitta 50 mm, ei saa tunkeutua kokonaan laitteen sisään ¹⁾ .
2	Kooltaan vähintään 12,5 mm kappaleiden sisääntunkeutuminen on estetty	Koesauva, nupin läpimitta 12,5 mm, ei saa tunkeutua kokonaan laitteen sisään ¹⁾ . Liukuva koevarsi saa tunkeutua laitteen sisään enintään 80 mm verran, mutta riittävän etäisyyden on kuitenkin säilyttävä.
3	Kooltaan vähintään 2,5 mm kappaleiden sisääntunkeutuminen on estetty	Koesauva, nupin läpimitta 2,5 mm, ei saa tunkeutua kokonaan laitteen sisään ¹⁾ .
4	Kooltaan vähintään 1,0 mm kappaleiden sisääntunkeutuminen on estetty	Koesauva, nupin läpimitta 1,0 mm, ei saa tunkeutua kokonaan laitteen sisään ¹⁾ .
5	Pölyltä suojaava	Laitteen toiminnan kannalta haitallisen pölymäärän sisääntunkeutuminen on estetty.
6	Pölytiivis	Pölyn sisääntunkeutuminen laitteen koteloon on estetty 20 mbar alipaineessa.

¹⁾ Koesauvan koko läpimitta ei saa tunkeutua sisään minkään kotelon aukon lävitse.

KUVA 3. IP-luokituksen ensimmäisen numeron merkitys (Rittal Oy 2019, IP-kotelointiluokat)

Vesisuojausominaisuudet: toinen tunnusnumero

Toinen tunnusnro	Nimitys	Selitys
1	Tippuvedenpitävä	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa.
2	Tippuvedenpitävä, kun koteloa kallistetaan enintään 15°.	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa, vaikka koteloa kallistetaan enintään 15° mielivaltaiseen suuntaan normaaliasennosta.
3	Sateenpitävä	Enintään 60° kulmassa pystytasoon nähden suihkuava vesi ei aiheuta haittaa.
4	Roiskevedenpitävä	Suunnasta riippumatta koteloa vastaan roiskuva vesi ei aiheuta haittaa.
5	Suihkuvedenpitävä	Suunnasta riippumatta koteloa vastaan suihkuava vesi ei aiheuta haittaa.
6	Voimakkaan vesisuihkun pitävä	Suunnasta riippumatta koteloa vastaan voimakkaasti suihkuava vesi ei aiheuta haittaa.
7	Suojattu vaikutuksilta, jotka aiheutuvat ajoittaisesta veteen upottamisesta	Vettä ei saa päästä laitteeseen siinä määrin, että syntyy haittoja, kun kotelo upotetaan veteen normeja vastaavissa paine- ja aikaolosuhteissa.
8	Suojattu vaikutuksilta, jotka aiheutuvat jatkuvasta veteen upottamisesta	Vettä ei saa päästä laitteeseen siinä määrin, että syntyy haittoja, kun kotelo upotetaan pysyvästi veteen olosuhteissa, jotka valmistajan ja käyttäjän tulee sopia keskenään. Kolme Olosuhteiden on kuitenkin oltava tunnusnumeroa 7 vaativimmat.
9	Korkeapaineinen/höyrypuhdistuksen vesi	Suunnasta riippumatta koteloa vastaan kovalla paineella ohjattu vesi ei saa aiheuttaa haittaa.

KUVA 4. IP-luokituksen toisen numeron merkitys (Rittal Oy 2019, IP-kotelointiluokat)

IP luokituksen perässä olevat lisäkirjaimet ilmaisevat suojausta vaarallisten osien koskettamiselta. Lisäkirjaimet ovat seuraavat:

- A – suojattu nyrkillä koskettamiselta
- B – suojattu sormella koskettamiselta
- C – suojattu työkalulla koskettamiselta
- D – suojattu langalla koskettamiselta.

(SFS-EN 60529:1992 2019, 15.)

Täydentävät kirjaimet antava lisätietoa laitesuojauksesta:

- H – laite on suurjännitelaitte
- M – vesisuojaus on testattu, kun laite on ollut käynnissä
- S – vesisuojaus on testattu laitteen ollessa pysähdyksissä
- W – laite on tarkoitettu erityisiin sääoloihin.

(SFS-EN 60529:1992 2019, 15.)

3.1.3 Suojaus sähköiskulta

Kojeistojen tulee olla turvallisia käyttää ja niiden turvallisuutta edistetään perussuojauksella, suojaeristyksellä ja vikasuojauksella.

Koskettaminen vaarallisesti jännitteisiin osiin pyritään estämään kojeiston perussuojauksella. Perussuojaus voidaan saavuttaa joko hyväksikäyttämällä kojeiston omaa rakennetta tai suorittamalla lisätoimenpiteitä. Avorakenteisen kojeiston sijoittaminen tilaan, johon vain tietyillä henkilöillä on pääsy, on hyvä esimerkki yhdenlaisesta lisätoimenpiteestä. (SFS-EN 61439-1 2013, 70.)

Perussuojaus voidaan toteuttaa myös käyttäen eristemateriaaleja. Eristysmateriaalin tulee tällöin kestää sellaisia mekaanisia, sähköisiä ja termisiä rasituksia, joita kojeiston käytössä pysyvästi esiintyy. Eristys tulee olla poistettavissa ainoastaan työkalulla tai rikkomalla.

Mikäli perussuojauksena käytetään kojeiston koteloa tai sen sisältämiä suojuksia, tulee niiden olla kiinnitetty kunnolla paikoilleen. Kotelon avaaminen tai sen osien poistaminen tulee olla mahdollista vain

- avaimen tai työkalun avulla
- sen jälkeen, kun syöttö on katkaistu niistä jännitteellisistä osista, joita kotelo tai suojuus suojaa
- jos kojeisto sisältää olemassa olevan välisuojuksen, jolla jännitteisiin osiin koskettaminen estetään.

(SFS-EN 61439-1 2013, 70,72.)

Tästä hyvänä esimerkkinä on kojeiston lukittuva pääkytkin, jonka ansiosta kojeiston kansi on mahdollista avata vain kytkimen ollessa OFF-asennossa.

Muita suojaustoimenpiteitä ovat muun muassa

- eristetyt johtimet
- eristysaineeseen valetut komponentit
- suojamaadoituspiiri
- suojaeristys
- sähköinen erotus.

(SFS-EN 61439-1 2013, 70-76.)

Mikäli kojeisto sisältää esimerkiksi kondensaattoreita ym. vastaavia komponentteja, joissa voi olla varausta tai kosketusvirtaa vielä niiden irti kytkemisen jälkeenkin, tulee kojeistossa olla siitä varoittava kilpi (kuva 5). Jos kondensaattorin purkausjännite kuitenkin laskee alle 60 V tasajännitteen 5 sekunnissa syöttöjännitteen katkaisusta, ei kosketusta pidetä vaarallisena.



KUVA 5. Kondensaattorista varoittava kilpi (Turvamerkki, purkautumaton kondensaattori n.d.)

3.1.4 Ilma- ja pintavälit

Kojeiston ilma- ja pintavälit tarkistetaan silmämääräisesti. Mikäli niiden vaatimusten mukaisuus ei silmämääräisesti selviä, on ne selvitettävä fyysisellä mittauksella. Standardissa SFS-EN 61439-1, käsitellään tarkemmin ilma- ja pintavälien sallittuja arvoja ja mittaustapoja.

Pinta- ja ilmapälejä mitoitettaessa eri piirien välille, käytetään suurimman jännitteen arvoa. Ilma- ja pintavälit pätevät jännitteisten osien sekä jännitteisten osien ja maadoitettavien osien välillä. Jotta piirille ilmoitettua mitoitussyökykestoja jännitettä voidaan käyttää, on ilmapälkien oltava riittävät. Vastaavasti pintavälit määritetään valmistajan valitseman mitoituseristysjännitteen mukaan. (SFS-EN 61439-1 2013, 68.)

Mikäli kojeisto sisältää ulosvedettäviä osia on niiden toimintayksiköiden erotusvälin täytettävä erotinstandardissa IEC 60947-3 esille tuodut vaatimukset. Vaatimukset koskevat uusia laitteita ja huomioon otetaan myös valmistustoleranssit sekä kulumisesta johtuvat muutokset. (SFS-EN 61439-2 2013, 16.)

3.1.5 Johtimet ja kaapelit

Tarkastusvaiheessa myös asennuksessa käytettyjen johtimien ja kaapelien väri, tyyppi ja poikkipinnat tarkastetaan. Aika ajoin tulee valmistettavaksi kojeistoja Pohjois-Amerikkaan tai Canadaan, jolloin kaapelien ja johtimien tulee olla UL- tai CSA- hyväksytyjä. Lisäksi esimerkiksi laivateollisuuteen tehtävät kojeistot edellyttävät yleensä erillisiä vaatimuksia.

TamControlissa kojeistojen sisäisissä johdotuksissa käytetään monisäikeisiä MKEM-johtimia. Monisäikeinen johdin tulee yleensä varustaa johdinholkillä, mutta tietyissä tapauksissa johdin voidaan asentaa myös ilman sitä. Johdinholkkien etuihin kuuluu mm. hyvä tärinän kestävyys, turvallinen liitäntä myös muutetussa johdotuksessa sekä parannettu ja pitkäaikainen käyttö- ja liitäntäturvallisuus (Phoenix Contact 2019, pääteholkit).

Kojeistojen sisäisten johtimien väriytyks tulee olla yhdenmukainen ja eri jännitetaso- piirit on hyvä olla tunnistettavissa. Mikäli asiakkaalla on erityistoivomuksia johdinten värien suhteen, keskustellaan ne tilaajan kanssa tapauskohtaisesti, muuten käytetään kojeistovalmistajan määrittelemiä värejä.

TamControlissa on käytössä mm. seuraavanlaiset johdinvärit:

- keltavihreä – suojamaajohdin (ei saa käyttää muussa tarkoituksessa)
- sininen – nollajohdin (voidaan käyttää myös muuhun tarkoitukseen, jos sekaantumisen vaaraa ei ole)
- musta – AC- pääpiirin vaihejohdin
- tummansininen – 24 VDC-piiri.

Keskusten sisäiset johdotukset mitoitetaan piirin kuormitusvirran mukaan. Liitteessä 2 on esitettyä TamControlilla käytössä oleva, standardeista sovellettu

taulukko, jonka mukaan keskusten sisäiset johtimet mitoitetaan. Keskusten sisäisissä johtimissa on sallittua käyttää yhtä kokoa suositeltua pienempää johdinta, mutta tällöin on varmistettava esimerkiksi liitinrakenteiden kestävyys.

3.1.6 Johdin- ja kaapeliliitännät

Johdinten ja kaapelien liitännät varmistetaan sekä silmämääräisesti että vetotestein. Silmämääräisesti tarkistetaan, että johtimet ovat eristeeltään ehjiä ja johtavilta osiltaan kokonaan niille tarkoitetuissa liittimissä. Vetotestillä varmistetaan, että kaapelit ja johtimet ovat kunnolla kiinnitettynä. Näin löydetään esimerkiksi löysät liitokset ja rikkinäiset liittimet.

Mikäli kojeisto sisältää aukeaviin osiin, esimerkiksi oviin, kiinnitettäviä johdotettavia kojeita, tulee johdinreitit suunnitella niin, että johtimet eivät vaurioidu käytön yhteydessä. Johtimet on hyvä suojata esimerkiksi johdinspiraalilla tai taipuisalla suojaputkella. Johdinten pituudessa tulee huomioida oven aukeamissäde. Johdinnippu on myös hyvä kiinnittää molemmista päistään kotelon runkoon, jotta johdintimiin kiinnitettyihin kojeisiin ei aiheudu vetorasitusta.

Kojeistossa olevien ruuvi- ja pulttiliitosten oikeaan kireyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Liitoksia tehdessä tulee noudattaa valmistajan antamia ohjeita liitoskireyksissä. Näin estetään liian kireät ja löysät liitokset. Mahdolliset löyhät liitokset voivat aiheuttaa jopa palovaaran, kun taas liian kireälle laitetut liitokset voivat rikkoa koko komponentin. Mikäli tehdään alumiiniliitoksia, suositellaan käytettäväksi oksidoitumista ennalta ehkäisevän liitosrasvan käyttöä (Alhainen 2014, 17).

3.1.7 Yleinen siisteys

Yleinen siisteys on kojeiston tarkoituksenmukaisen toiminnan ohella yksi kojeiston tärkeistä ominaisuuksista. Mikäli kojeisto on siistin näköinen, on sitä myös helppo tulkita. Siitä on apua mahdollisen vian etsimisessä ja huoltotoimenpiteiden suorittamisessa.

Siisteys on yksi laadukkaan kojeiston tunnusmerkeistä ja se omalta osaltaan viestii myös kojeiston vaatimustenmukaisuudesta. Tällöin esimerkiksi oikeat asennustavat on helppo todentaa.

Hyvin suunniteltu, kasattu ja siisti kojeisto edistävät asiakastyytyväisyyttä ja näin ollen lisäävät mahdollisia uusia toimeksiantoja enemmän kuin epäsiisti keskus.

3.2 Mekaaninen koestus

Kaikkien suojalaitteiden ja ohjauskojeiden vivut, kytkimet ja painikkeet testataan, jotta niiden mekaaninen toimivuus voidaan varmistaa. Lisäksi tarkistetaan, että komponentit on asennettu ja kiinnitetty komponenttivalmistajan ohjeiden mukaisesti. Mikäli komponentit on asennettu komponenttivalmistajan ohjeiden mukaisesti, ei niille tarvitse erikseen suorittaa kappaletarkastuksia (SFS- EN 61439-1 2013, 140).

Kojeiston ovien, saranoiden, lukkojen ja kiinnityslaitteiden on toimittava ilman epänormaalia voimankäyttöä ja niiden mekaaninen toiminta tarkistetaan tarkastusprosessin aikana.

3.3 Sähköinen koestus ja mittaukset

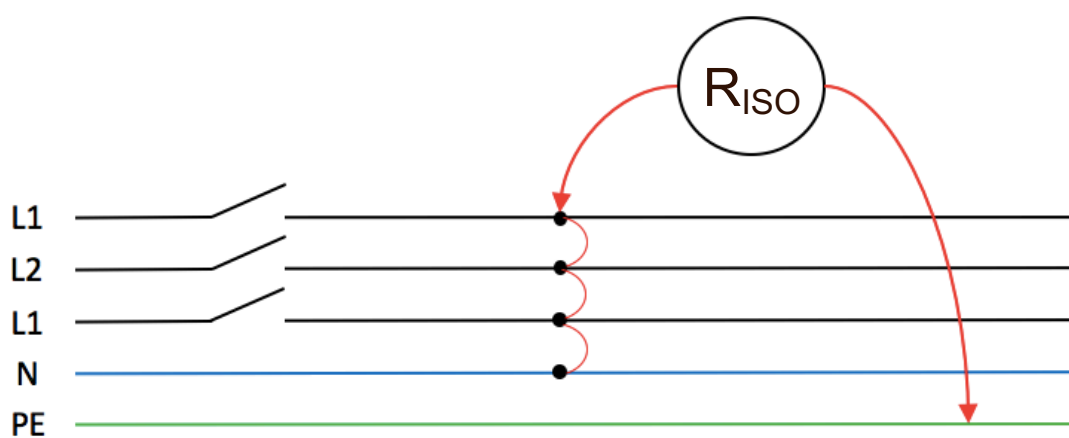
Jokaiselle kojeistolle suoritetaan kojeiston sisällöstä riippuen erilaisia sähköisiä koestuksia ja mittauksia. Koestukset ja mittaukset tehdään kahdessa osassa: jännitteettömänä ja jännitteellisenä. Jännitteettömänä mitataan kojeiston eristysresistanssi ja suojajohtimen jatkuvuus. Jännitteellisiä töitä ovat mm. vaihejärjestyksen varmistaminen, vikavirtasuojien testaaminen ja erilaiset toiminnalliset testit.

3.3.1 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssimittaus suoritetaan jännitteettömänä. Testillä voidaan sulkea pois kytkentävirheitä tai asennuksen aikana syntyneitä kaapelivaurioita. Kun mitausta suoritetaan, on kaikkien kytkinten ja suojalaitteiden oltava ON-asennossa,

jotta mittaus olisi mahdollisimman laaja. Mikäli kojeisto sisältää komponentteja, jotka eivät mahdollisesti kestä eristysresistanssimittauksessa käytettävää testijännitettä (500 VDC) on ne kytkettävä mittauksen ajaksi irti virtapiiristä. Myös laitteet, jotka voivat vääristää mittaustulosta, esimerkiksi ylijännitesuojat ja taajuusmuuttajat, on erotettava virtapiiristä. Esimerkiksi taajuusmuuttajat ovat jo valmistajan puolesta testattu eikä niitä suositella testattavan uudelleen. (SFS 6000-6:2017, 10, 9.)

Eristysresistanssimittauksessa varmistetaan, että nolla- ja suojajohdin on eriytetty toisistaan ja että jännitteiset osat ovat eristyksissä maasta. Tästä syystä nolla- ja suojajohtimet erotetaan kojeistossa mittauksen ajaksi. Jännitteiset johtimet (L1, L2, L3 ja N) kytketään yhteen ja eristysresistanssimittaus mitataan jännitteisten johtimien ja suojajohtimen väliltä (kuva 6). Jännitteiset johtimet oikosulkemalla pyritään suojaamaan laitteita, jotka ovat herkkiä ylivirrälle. Mikäli kyseessä on TN-C-järjestelmä, mittaus suoritetaan vaihejohtimien (L1, L2 ja L3) sekä PEN-johtimen väliltä.



KUVA 6. Eristysresistanssin mittaus TN-S-järjestelmästä

Jos jotakin laitetta ei tarvittaessa voida erottaa piiristä on sallittua alentaa testijännite 250 volttiin, mutta eristysresistanssin arvon tulee tällöin olla vähintään 1 M Ω . 500 voltin testijännitteellä (tasajännitettä) pienin sallittu eristysresistanssin arvo on 1 M Ω . Yleensä mittaustulokset ovat huomattavasti suurempia kuin pienin sallittu arvo. Mikäli eristysresistanssi on pienempi kuin sallittu arvo, on syytä mitata jokainen ryhmä yksitellen, näin löydetään helpommin mahdollinen vikapiiri. (SFS 6000-6:2017, 9.)

Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot eri koejännitteillä on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (SFS 6000-6:2017 2017, 9)

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin Minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500 V	1000	1,0

Sekä SELV- että PELV-järjestelmien jännitteisten osien ja kojeiston sisältämien muiden virtapiirien jännitteisten osien välinen erotus varmistetaan eristysresistanssimittauksella. Tämän lisäksi SELV-järjestelmän jännitteisten osien ja maan välinen erotus tulee todeta.

3.3.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Vikasuojauksen kannalta yksi tärkeimmistä mittauksista on suojajohtimen jatkuvuuden todentaminen. Kaikkien kojeiston jännitteelle alttiiden osien tulee olla liitettynä yhteen ja edelleen kojeiston syötön kautta maadoitusjärjestelmään. Kojeston maadoitus tulee toteuttaa niin, että mikäli jokin kojeiston osa esimerkiksi huollon yhteydessä poistetaan, ei se saa aiheuttaa suojapiirin katkeamista. (SFS-EN 61439-1 2013, 74.)

Mikäli kotelon kanteen, oveen, laippaan tai vastaaviin kojeiston osiin on kiinnitetty pienoisjännitteellä toimivia laitteita, ei näille erillistä suojajohdinta tarvita. Näissä tapauksissa ruuvikiinnitysten ja metallisaranoiden tekemää liitosta pidetään riittävänä suojamaadoituksen kannalta. Mikäli edellä mainittuihin osiin kiinnitetään laite, joka ylittää pienoisjännitteen rajan, on suojajohdinta käytettävä. Kotelon osia maadoitettaessa käytettäville kuparisille suojajohtimille on määritelty minimipoikkipinnat, jotka on esitetty taulukossa 2. Poikkipinta riippuu kojeiston mitoitus-toimintavirrasta. (SFS-EN 61439-1 2013, 74.)

TAULUKKO 2. Kuparisten suojajohtimien poikkipinta-alat (SFS-EN 61439-1 2013, 146.)

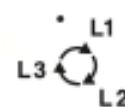
Mitoitustoimintavirta I_e A	Suojajohtimen minimipoikkipinta-ala mm ²
$I_e \leq 20$	Vaihejohtimen poikkipinta-ala
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10

Suojajohtimen jatkuvuus mitataan tarkoituksenmukaisella mittarilla PE-haaroittimen tai syöttöliittimen ja kaikkien maadoituspisteiden väliltä. Ennen mittausta tulee mittajohtimien resistanssi muistaa kompensoida pois mittaustuloksista. Useimmissa mittareissa tämä tapahtuu oikosulkemalla mittajohtimet ja painamalla nollauspainiketta. Mittajohtimien resistanssi voidaan aluksi myös mitata ja vähentää lopullisista mittaustuloksista.

Jokainen kojeistossa oleva laite ja suojajohdin on mitattava. Jokaista mittaustulosta ei tarvitse kirjata ylös, kunhan koko laitteiston suojajohtimen jatkuvuus tulee todennettua vaatimusten mukaiseksi. Yleensä tarkastuspöytäkirjaan merkitään suurin saatu mittaustulos ja sen esiintymispaikka. Hyväksyttävä mittaussarvo riippuu esimerkiksi mittauspisteestä sekä suojajohtimen pituudesta ja poikkipinta-alasta.

3.3.3 Vaihejärjestys

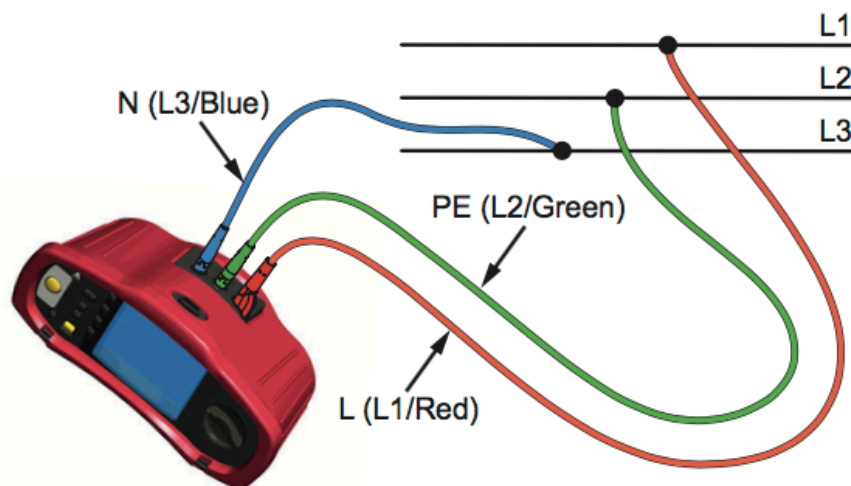
Mikäli tarkastettavan kojeiston syöttö on kolmivaiheinen, on syytä suorittaa vaihejärjestyksen testaaminen. Sillä varmistetaan, että vaihejärjestys on oikea ja näin vältetään mahdollisilta laiterikoilta. Esimerkiksi kolmivaiheinen sähkömoottori pyörii väärään suuntaan, mikäli vaihejärjestys on väärä.



Useimmissa testereissä kiertosuunnan mittausta osoittaa kuvake

Mittajohtimet kytketään kuvan 7 mukaisesti ja asennustesterin näytöllä näkyy joko 123 (oikea vaihejärjestys) tai 321 (käännteinen vaihejärjestys). Mikäli jännite

on liian alhainen, näkyy näytöllä numeroiden sijaan pelkkiä katkoviivoja (---)
(Amprobe Test Tools 2013 19.)



KUVA 7. Vaihejärjestyksen mittaus (Amprobe Test Tools 2013, 19)

3.3.4 Vikavirtasuojakytkimen toiminnan testaus

Mikäli keskus sisältää vikavirtasuojan tai -suojia testataan niiden toiminta siihen tarkoitettulla asennustesterillä sekä kytkimen omalla testipainikkeella. Kytken testipainiketta painaessa on vikavirtasuojan lauettava. Vikavirtasuojan avulla voidaan havaita vikavirrat, jotka ovat riittäviä aiheuttamaan sähköiskun tai tulipalovaaran ollessaan kuitenkin liian pieniä laukaisemaan ylivirtasuojia (Fluke Corporation 2014, 1).

Vikavirtasuojan laukaisuajan sekä laukaisuvirran testaaminen suoritetaan erillisellä asennustesterillä. Asennustesteristä riippuen vikavirtasuojakytkimen toiminta testataan joko kasvattamalla vikavirtaa portaalisesti tai syöttämällä valittu virta-arvo testeriin. Vikavirran arvo ei saa ylittää vikavirtasuojan nimellisarvoa, mutta toisaalta taas liian pieni virta-arvo tarkoittaa sitä, että suoja voi laueta liian herkästi ilman syytäkin.

Testitavasta riippumatta on laukaisuajan yleisesti oltava 300 ms. S-tyyppin vikavirtasuojille sallitaan joissain tapauksissa enintään 500 ms laukaisu aika.

3.3.5 Toiminnalliset testit

Toiminnallisissa testeissä varmistetaan, että kaikki asennetut laitteet toimivat oikein ja niin kuin on suunniteltu. Esimerkiksi kaikkien ohjauskojeiden, merkkilampujen, summerien ja mittarien toiminta testataan. Erityisesti mahdollisen hätäseis-piirin ja hätäseis-painikkeiden testaaminen ja toimivuuden toteaminen on tärkeää.

Mikäli kojeisto sisältää logiikkaohjauksia ja I/O:ta, ohjelman toimintaa testataan niin paljon kuin vain pystytään. Usein kojeistot saattava sisältää esimerkiksi paineilmaventtiileitä, joiden toimintaa on hyvä testata ennen kojeiston toimittamista asiakkaalle. Periaatteena se, että kaikki mikä voidaan testata etukäteen, testataan.

3.4 Henkilöstö

Kojeistoille suoritettavia mittauksia ja testauksia saavat tehdä ainoastaan ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Maallikot saavat tehdä erinäisiä mittauksia ja testauksia ainoastaan ammattihenkilön ohjaamana ja valvomana. Vähintään kerran vuodessa on järjestettävä koulutus, jossa käydään läpi henkilöstön työssä tarvittavat turvallisuusvaatimukset ja -säännöt sekä yrityksen omat ohjeet. (SFS-EN 50191 2011, 26.)

Ammattihenkilöksi luettavalla on työhön soveltuva koulutus ja työkokemusta niin, että hän kykenee arvioimaan mahdollisia riskitilanteita sekä välttämään mahdollisia sähkön aiheuttamia vaaroja (SFS-IEC 60050-826 2005, 50). Sähköalan ammattihenkilöksi laskettavalla tulee olla jokin seuraavista

- soveltuva tekniikan alan korkeakoulututkinto ja kuuden kuukauden työkokemus sähkötoista
- sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinto ja kuuden kuukauden työkokemus sähkötoista
- soveltuva ammattitutkinto, erikoisammattitutkinto tai vastaava sekä kuuden kuukauden työkokemus sähkötoista

- soveltuva ammatillinen perustutkinto tai vastaava sekä vuoden työkokemus sähkötoista
 - kuuden vuoden kokemus sähkötoista sekä riittävät perustiedot.
- (Säköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135, 73§.)

Opastetulla henkilöllä ei välttämättä ole vielä tarvittavaa koulutusta tai riittävää työkokemusta, jotta hänet voitaisiin laskea ammattihenkilöksi. Hänen tulee kuitenkin olla ammattihenkilön toimesta opastettu niin, että hän kykenee arvioimaan mahdollisia riskejä ja välttämään sähkön aiheuttamia vaaroja. (SFS-IEC 60050-826 2005, 50.)

4 MITTALAITTEET

Opinnäytetyön yhtenä osana oli kartoittaa kaikki kojeistoille TamControlissa suoritettavat mittaukset ja edelleen tutkia millaisia mittalaitteita yritykseltä vielä puuttuu. Ennen opinnäytetyön aloitusta esille oli noussut etenkin kojeistojen tarkastukseen tarvittavan oman asennustesterin puute. Tällä hetkellä yrityksellä on käytössä yksi asennustesteri: Amprobe Telaris ProInstall-100. TamControlin asentajat saattavat kiertää asennuskeikoilla ympäri Suomen ja näin ollen yksi asennustesteri ei palvele koko yritystä. Kojestotuotannon lisääntyessä tarkastuksia tehdään viikoittain ja tällöin on hyvä, että testauksille olisi varattu oma testeri, joka on vain tuotannon käytössä.

Kojeistoille suoritettavissa kappaletarkastuksissa mitataan kojeiston eristysresistanssi, suojajohtimen jatkuvuus, vaihejärjestys sekä vikavirtasuojien laukaisuaika sekä -virta. Monissa markkinoilla olevissa tuotteissa nämä kaikki mittaukset ovat suoritettavissa yhdellä ja samalla testerillä.

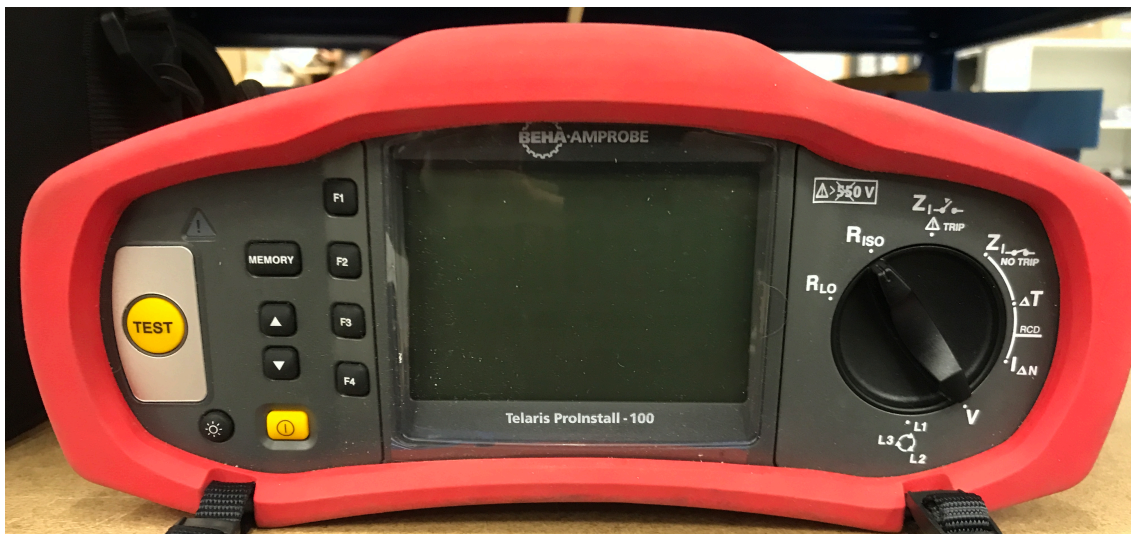
4.1 Amprobe Telaris ProInstall-100

Telaris ProInstall-100 mallista löytyy kaikki tarvittavat ominaisuudet, se on kevyt sekä pienikokoinen ja lisävarusteena on mahdollisuus siirtää kaikki mittaustiedot PC:lle Beha-Amproben omalla ohjelmistolla. Testeri on suunniteltu käytettäväksi juuri tarvittavia mittauksia varten. Se on myös EN 61557-, BS7671- ja IEC 60364-vaatimusten mukainen.

Testerillä voidaan suorittaa seuraavat mittaukset:

- suojajohtimen jatkuvuus
- eristysresistanssi 250 VDC, 500 VDC ja 1000 VDC
- oikosulkuvirta
- silmukkaimpedanssi
- vaihejärjestys
- vikavirtasuojien testaus: Tyyppi A/AC

Käyttökokemusten perusteella testeri on helppokäyttöinen ja testit ovat suoritettavissa varsin nopeasti. Alla on kuva (kuva 8) kyseisestä asennustesteristä.



KUVA 8. Telaar ProInstall-100

5 TESTAUSALUE

Erillistä kojeistojen testaukseen tarkoitettua tilaa TamControllilta ei vielä löytynyt ja opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, olisiko erilliselle testausalueelle tarvetta sekä olisiko sitä mahdollista sijoittaa tämänhetkisiin tuotantotiloihin. Opinnäytetyössä selvitettiin myös, millaisia vaatimuksia alan standardit testausalueeseen asettavat.

Kojeistojen testausaluetta ja sen vaatimuksia käsittelee standardi *SFS-EN-50191 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö*. Standardissa käsitellään muun muassa testausalueen rakenteeseen ja suojausmenetelmään liittyviä asioita.

5.1 Alue

Testausalueeksi kutsutaan työskentelyalueista ja kulkuteistä erotettua tilaa, jossa kojeistoja testataan. Testausalue voidaan erottaa muusta tilasta esimerkiksi verkkoaidoilla, puomeilla tai ketjuilla. Se on lisäksi selkeästi ja näkyvästi merkittävä varoituskilvillä. Erottaminen muusta tilasta tulee toteuttaa niin, että

- muiden kuin testaushenkilöstön pääsy testausalueelle on estetty
- muiden kuin testaushenkilöstön ulottuminen kielletylle alueelle on estetty
- aitausten sisäpuolelle sijoitettujen testauslaitteiston käyttölaitteisiin ulottuminen alueen ulkopuolella olevilta henkilöiltä on estetty.

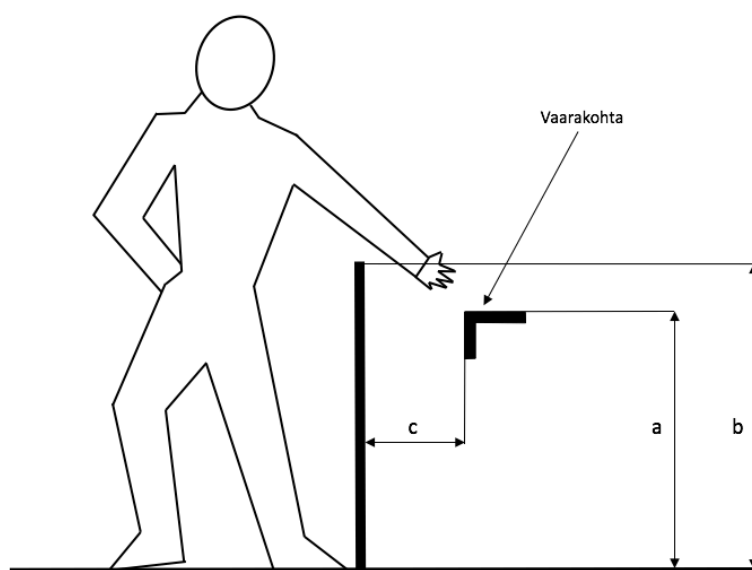
(SFS-EN-50191 2011, 16.)

Mikäli aitaus on valmistettu johtavasta materiaalista, on se maadoitettava tai vaihtoehtoisesti vikasuojaus on toteutettava muulla tavoin. Testausalueella sijaitsevien testauspöytien kannet on oltava eristävästä materiaalista. (SFS-EN-50191 2011, 16.)

Testausalueen koko riippuu tarkastettavien keskusten koosta sekä käytössä olevista testausjännitteistä. Testattavan kohteen ympärillä on kielletty alue, jonka laajuus riippuu käytössä olevasta testausjännitteestä. Kielletyn alueen ja testausalueen suojuksen välinen sallittu etäisyys taas riippuu käytössä olevan suojuksen

korkeudesta. Missään tapauksessa suojuksen etäisyys lattiasta ei saa pudota alle 800 mm. Mikäli seinämä tai verkkoaita on kiinteä, tulee sen olla vähintään 1000 mm korkuinen. (SFS-EN-50191 2011, 16, 34.)

Taulukossa 3 on esitetty turva-aitojen esimerkkikorkeuksia eri vaarakohtien etäisyyksillä. Kohtaa, joka on kielletyn alueen rajalla ja johon on lyhin etäisyys suojuksen reunasta, kutsutaan vaarakohdaksi. Kuvassa 9 havainnollistetaan käsiteltäviä etäisyyksiä.



KUVA 9. Taulukon kolme etäisyyksien selvitys (SFS-EN 50191 2011, 34)

Taulukko 3. Turva-aitojen esimerkkikorkeuksia (SFS-EN 50191 2011, 34, muokattu)

Suojuksen korkeus (b) mm	vaarakohdan etäisyys lattiasta (a) mm	vaarakohdan etäisyys suojuksesta (c) mm
1000	1000	1400
1200	1200	1000
1400	1400	900
1600	1600	900
1800	1800	600
2000	2000	350
2200	2200	250
2400	2400	100

5.2 Suojausmenetelmä

Testauspaikan suojaus voidaan toteuttaa kahdella tapaa: käyttämällä automaattista suojausta kosketukselta tai toteuttamalla suojaus muulla tavoin. Suojausmenetelmän valintaan voi vaikuttaa muun muassa testattavien kohteiden koko sekä testaustoimenpiteiden esiintyvyys. Käytössä oleva suojausmenetelmä vaikuttaa esimerkiksi siihen, miten alueen vikasuojaus tulee toteuttaa ja kuinka hyvin testausalue pitää merkitä ja erottaa muusta tilasta.

5.2.1 Automaattinen suojaus kosketukselta

Automaattinen suojaus kosketukselta tulee toteuttaa niin, että testausjännitettä ei ole mahdollista kytkeä päälle ennen kuin suojaus on täydellisesti toiminnassa. Näin myöskin suojauksen avaamisen tulee kytkeä testausjännite automaattisesti pois päältä. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi koteloinnilla, jolloin kaikki testauskohteen osat ovat suojattuna. Tällainen suojaustapa sopii esimerkiksi vakio-kohteiden kojeistojen testausalueen suojaukseksi.

Mikäli automaattinen suojaus on toteutettu vaatimusten mukaisesti ei alueelle erikseen tarvita aitausta, hätäkytkimiä tai varoitusvaloja. (SFS-EN-50191 2011, 18.)

5.2.2 Ei automaattista suojausta kosketukselta

Mikäli testaustehtävät ovat muuttuvia tai niitä esiintyy vain satunnaisesti, testauskohteet ovat hyvin erilaisia tai jos työn suorittamisessa on vakavia vaikeuksia, saadaan testauspaikka toteuttaa ilman automaattista suojausta kosketukselta. Tällöin suojaus on toteutettava käyttäen aitauksia, lisäksi vielä niin, että niiden sisäpuolella oleva käyttäjä on koko ajan näkyvässä. (SFS-EN-50191 2011, 20.)

Aidatun alueen ulkopuolelle on sijoitettava vähintään yksi, helposti käytettävissä oleva hätäseis-kytkin. Testausalueen toimintatilaa kuvastavat varoitusvalot tulee asentaa ja niitä on oltava riittävä määrä testausalueen rakenteesta riippuen. Toi-

mintatilaa kuvastaa vihreä (valmis käyttöön) ja punainen varoitusvalo (kytkentävalmis ja käytössä). Mikäli jännite on korkeintaan 1000V ei vihreää valoa tarvita ja mikäli sivullisten turvallisuus on muulla tavoin varmistettu ja testaustoimenpiteitä valvotaan luetettavasti, ei myöskään punaista valoa tarvita. (SFS-EN-50191 2011, 20.)

Mikäli käytössä ei ole esimerkiksi suojaerotusmuuntajaa vaan testauspiiri on kytketty valtakunnanverkkoon, on käytettävä lisäsuojauksia. Lisäsuojaus on mahdollista toteuttaa vikavirtasuojilla tai vikavirran valvontajärjestelmällä. (SFS-EN-50191 2011, 20.)

5.3 TamControl Oy:n testausalue

Tällä hetkellä ja todennäköisesti myös jatkossa, yrityksen valmistamat kojeistot ovat pääasiassa eri kokoisia ja hyvin erilaisia. Automaattinen suojaus kosketukselta olisi siis todella hankala toteuttaa. Tästä syystä testausalueen suojaus olisi helpoin toteuttaa ilman automaattista suojausta kosketukselta. Se edellyttää, että testausalueen ulkopuolelle tulee sijoittaa vähintään yksi hätä-seis-painike ja testausalue tulee erottaa muusta tilasta.

Opinnäytetyön aikana todettiin, että yrityksen tämänhetkiset tuotantotilat eivät palvele pysyvästi erotettua testausaluetta. Tällöin testausalue erotettaisiin väliaikaisesti muusta tilasta. Erotuksen toteuttamiseksi yrityksen tulisi hankkia esimerkiksi verkkoaitaa tai tarkoituksenmukaista ketjua. Mikäli suojuksena käytettäisiin kiinteää verkkoaitaa, tulisi sen olla vähintään 1000 mm korkeata tai vaihtoehtoisesti ketjujen kiinnityspisteet 1000 mm ja 1400 mm välillä niin, että etäisyys maasta ei putoa alle 800 mm.

Testauspiirit suojataan vikavirtasuojakytkimillä ja testauslaitteistoon lisätään hätä-seis-piiri sekä laitteiston toiminnasta kertova punainen varoitusvalo.

Lisäksi tulee huomioida, että testausalueelle mahdollisesti jäävät pistorasiat merkitään asianmukaisesti, testausalue itsessään merkitään varoituskilvin sekä ensiapuhjein ja testauspöytien kannet on valmistettu eristävästä materiaalista.

6 TESTAUSLAITTEISTO

TamControlin valmistamat kojeistot on tähän asti testattu erillisillä, vain testauskäyttöön tarkoitetuilla laitteilla. Tarkoituksena oli suunnitella testauslaitteisto erilaisten kojeistojen testaamiseen.

Ennen testauslaitteiston suunnittelua selvitettiin millaisia vaatimuksia alan standardit testauslaitteistolle asettavat. Testauslaitteistoa käsitellään standardissa *SFS-EN-50191 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö* ja testauslaitteiston kunnossapitotarkastuksia standardissa *SFS 6000-8-803:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaittekorjaamot ja laboratoriot*.

Testauslaitteistona pidetään testauslaitteiden ja –kojeiden muodostamaa kokonaisuutta, jonka avulla testattavalle kohteelle suoritetaan sähköisiä testejä. Testauslaitteisto voi olla

- testauspaikka
- testauslaboratorio tai
- tilapäinen testauslaitteisto.

(SFS-EN 50191 2011, 10.)

6.1 Standardien vaatimukset testauslaitteistolle

Testauslaitteiston (jäljempänä laitteisto) tulee olla rakennettu niin, että jännitteisten osien koskettaminen on estetty. Suojaus koskettamiselta voidaan toteuttaa esimerkiksi jännitteisten osien eristämällä, kansilla, koteloinnilla, puomeilla tai turvaetäisyyksillä (testejä tekevä henkilö ei voi ylettyä kielletylle alueelle). (SFS-EN 50191 2011, 14.)

Laitteiston ohjaus- ja testauspiirien tulee olla selkeästi tunnistettavissa. Laitteiston on myös sisällettävä toiminta- ja käyttötilanteesta ilmaisevat merkki- ja varoitusvalot sekä testauslaitteistosta kertovan varoituskilven.

Käyttötilanteesta kertova punainen varoitusvalo ilmaisee kahta tilannetta:

- kytkentävalmis
 - testausjännitesyötöt katkaistu
 - testausalueelle johtavat pääsytiety suljettu
 - varoitusvalot sytytetty (punainen)
 - tarvittavat turvallisuustoimenpiteet (esim. maadoitus ja oikosulkeminen) on suoritettu
- käytössä
 - testausalueelle johtavat pääsytiety on suljettu
 - varoitusvalot sytytetty (punainen)
 - testausjännitesyöttö/syöttöjä on kytketty päälle.

(SFS-EN 50191 2011, 12-16.)

Mikäli on tarve erottaa käyttötilanteet ”kytkentävalmis” ja ”käytössä”, suositellaan, että käyttötilanne ”käytössä” ilmaistaan vähintään 1 Hz taajuudella vilkkuvalla punaisella merkkivalolla. (SFS-EN 50191 2011, 22.)

Laitteistoon on sisällytettävä hätäkytkentälaitteisto, jolla hätätilanteessa vaaraa aiheuttava sähköenergia voidaan katkaista. Hätäkytkentälaitteiden tarkempia vaatimuksia käsitellään standardissa EN ISO 13850:2008. Mikäli testausalueelle jää esimerkiksi sellaisia pistorasioita, jotka eivät kytkeydy hätäkytkentälaitteella jännitteettömiksi, on niihin lisättävä siitä kertova merkintä. (SFS-EN 50191 2011, 16.)

Laitteiston sisältämät käsiohjauslaitteet tulee olla tarkoitukseensa selkeästi merkattuja. Asiaton ja tarkoitukseton jännitteen kytkeminen on varmistettava. Myös automaattinen testauspiirien jännitteellisiksi tuleminen jännitekatkoksen jälkeen, on estettävä. (SFS-EN 50191 2011, 18.)

Testauslaitteiston on sisällytettävä käyttöohjeet, joista selviää kaikki laitteiston turvalliseen käyttöön tarvittavat tiedot. Aina ennen laitteiston käyttämistä se on silmämääräisesti tarkistettava mahdollisten ulkoisten vaurioiden tai vikojen havaitsemiseksi. Laitteiston sisältämien turvallisuuslaitteiden kuten esimerkiksi vikavirtasuojien ja hätäkytkentälaitteiden toiminta on tarkastettava määrätyin aikaväleihin. Näistä tarkastuksista on myös pidettävä kirjaa. (SFS-EN 50191 2011, 24.)

Kunnossapitotarkastuksia on tehtävä seuraavin määrävälein:

- vikavirtasuojien testaaminen testipainikkeella valmistajan ohjeiden mukaisesti
- hätäkytkentälaitteiden testaaminen 1 vuoden välein
- vikavirtasuojien silmämääräinen tarkastus sekä testaaminen testilaitteella enintään 2 vuoden välein
- suojajohtimen jatkuvuuden sekä eristysresistanssin mittaus enintään 5 vuoden välein. (SFS 6000-8-803:2017, 8.)

6.2 TamControl Oy:n testauslaitteisto

Yrityksen käyttöön tulevalla testauslaitteistolla on tarkoitus testata hyvin erilaisia kojeistoja ja siitä syystä eri jännitetason syötöille oli tarvetta. Lisäksi testausalueen suojaustavasta ja rakenteesta johtuen kaikki sitä vaativat testauspiirit varustetaan vikavirtasuojilla. Laitteiston suunniteltiin sisältävän seuraavat ominaisuudet:

- 400 VAC (16 A ja 32 A) jännitelähdöt
- 230 VAC jännitelähtö
- 120 VAC jännitelähtö
- 24 VDC jännitelähtö
- tilavaraus 690 VAC muuntajalähdölle
- hätäseis-piiri
- 400 VAC ja 230 VAC jännitelähdöt vikavirtasuojien testaamiseen
- laitteiston toiminnasta kertova varoitusvalo
- käyttö- ja huolto-ohje.

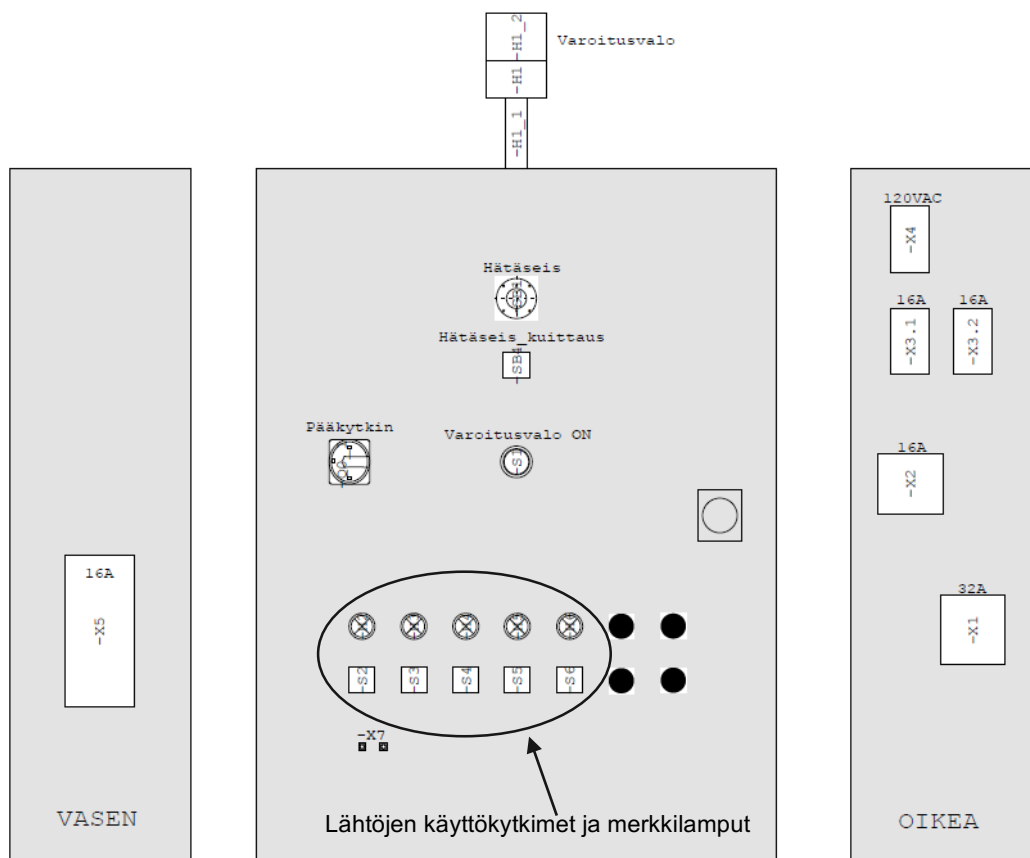
Laitteiston käyttö- ja huolto-ohje suunniteltiin kirjoitettavan testauslaitteiston ka-sauksen yhteydessä.

6.2.1 Valmis suunnitelma

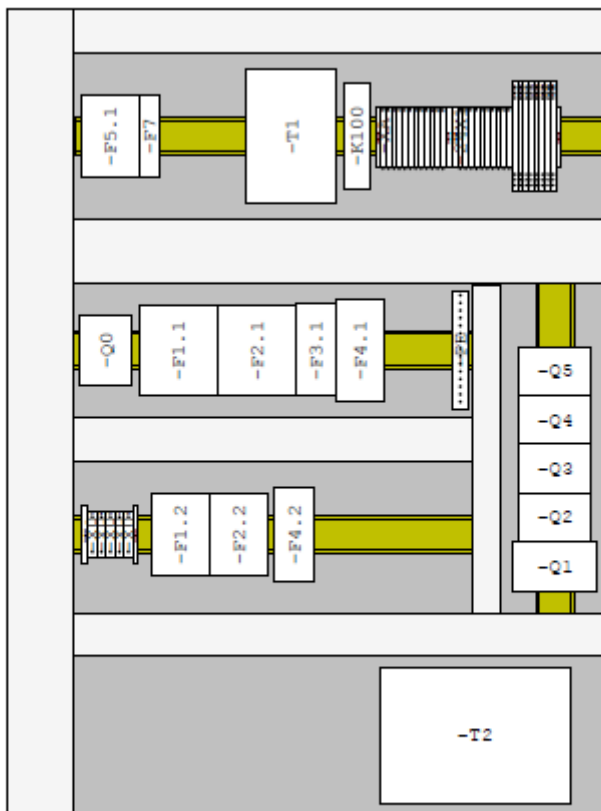
Suunnitellussa testauslaitteistossa on jokaiselle jännitelähdölle oma käyttökylki-mensä ja lähdön tilasta kertova merkkivalo. Lähtöjä ohjataan kontaktoreilla, käyt-tökytkimien avulla. Testilaitteisto sisältää 5 vikavirtasuojattua jännitelähtöä sekä

kaksi suojaamatonta. Vikavirtasuojamattomia jännitelähtöjä käytetään ainoastaan valmistettavien kojeistojen vikavirtasuojien testaamiseen. Vikavirtasuojatut jännitelähdöt on sijoitettu laitteiston oikeaan kylkeen ja 2 kpl vikavirtasuojamattomia vasempaan kylkeen sekaannuksen välttämiseksi. Lisäksi vikavirtasuojamattomat pistorasiat varustetaan asianmukaisilla varoituskilvillä. Vikavirtasuojien pois jättämisen todettiin olevan tässä tapauksessa paras vaihtoehto kyseisten testien suorittamiseen.

Laitteiston kannessa on jännitelähtöjen käyttökytkinten ja merkkivalojen lisäksi banaani liittimet 24 VDC jännitelähdölle. Laitteiston pääkytkin, hätäseis-painike, hätäseispiirin kuittauspainike sekä laitteiston toiminnasta kertovan varoitusvalon käyttöpainike sijaitsevat myös kotelon kannessa. Laitteiston toiminnasta kertova valomajakka on kotelon ”katolla”. Kuvissa 10 ja 11 on esitelty suunnitellun testauslaitteiston layout-kuvia. Sähkösuunnitelma sekä siihen liittyvät dokumentit ovat opinnäytetyön liitteenä (liite 3).



KUVA 10. Suunnitellun testauslaitteiston kotelon layout-kuva



KUVA 11. Suunnitellun testauslaitteiston asennuslevyn layout-kuva

7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli kehittää TamControl Oy:n valmistamien kojeistojen tarkastus- ja testauskäytäntöjä. Työssä tutustuttiin alan standardeihin ja niiden pohjalta suunniteltiin yritykselle sopiva testausalue ja -laitteisto.

Opinnäytetyön alussa esiteltiin TamControl Oy:ssä kojeistoille suoritettavat tarkastukset ja testaukset. Niitä kartoitettaessa heräsi muutama kehitysehdotus: tällä hetkellä yrityksellä on ainoastaan yksi asennustesteri, jolla kojeistojen käyttöönottomittauksia voidaan suorittaa. Olisi hyvä, että tuotannolle varattaisiin oma testeri, joka olisi tarvittaessa käytettävissä. Tämän hetkinen yksi testeri ei palvele sekä tuotantoa että asennustiimiä.

Toinen esille noussut asia liittyy käytettävien johdinten väreihin. Toivomuksena on ollut yhtenäisempi linjaus siihen, minkä värisiä johtimia kussakin jännitetasossa sovitaan käytettävän. Esille nousi myös mahdollisuus 24 VDC jännitetason + ja - potentiaalien erottamisesta eri väreillä.

Alun perin ajatuksena oli erillisen testausalueen suunnittelu, mutta työn edetessä todettiin, että väliaikaisesti erotettu testauspaikka on yrityksen nykyisiin tuotantotiloihin paras vaihtoehto. Työn tuloksena saatiin selvitettyä mitä toimenpiteitä ja hankintoja väliaikaisen testausalueen toteuttaminen vaatisi.

Työn aikana todettiin myös, että valmiille kojeistoille olisi hyvä olla erillinen säilytyspaikka. Mahdollisuuksien mukaan myös jo tarkastetuille keskuksille ja vielä tarkastamattomille omansa. Näin valmiit keskuksset eivät veisi turhaa tuotannolle varattua tilaa, mikäli kojeistojen toimitus olisi vasta myöhemmin.

Kojeistojen testauksen suorittamiseen käytössä oli mm. erillisiä jännitelähteitä ja muuntajia. Suunnitellun testauslaitteiston avulla pyrittiin keskittämään kaikki tarvittavat, testauksen kannalta oleelliset toiminnot yhdeksi kokonaisuudeksi. Työn aikana keskityttiin niin sanotun syöttökeskuksen suunnitteluun. Erillinen I/O- testauksiin liittyvä keskus on myös rakenteilla ja se tullaan liittämään nyt suunniteltuun keskukseseen myöhemmin.

Suunniteltu keskus sisältää kaikki tällä hetkellä tarvittavat jännitelähdöt ohjauslaitteineen, turvapiirin ja laitteiston tilasta kertovan merkkivalon. Lisäksi keskuksessa on varaus tulevaisuudessa tarvittavalle 690 VAC jännitelähdölle. Sähkösuunnitelman teko kehitti omaa osaamistani sekä komponenttien valinnassa että WSCAD SUITE-ohjelmiston käytössä, josta minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta.

Tällä hetkellä käytössä oleva kojeistojen tarkastuspöytäkirja on pelkistetty versio, joka lähetetään kojeiston mukana asiakkaalle. Sen rinnalle tehtiin toinen enemmän tarkastajaa ja testaajaa palveleva yksityiskohtaisempi lomake, johon on mahdollista tehdä myös omia muistiinpanoja. Tällä pyritään varmistamaan, että kaikki oleelliset asiat tulee huomioitua. Lomake on opinnäytetyön liitteenä (liite 4).

Suunnitellut muutokset varmasti selkeyttävät sekä nopeuttavat testausprosessia ja parantavat kojeistojen turvallista testaamista. Tarkastus- ja testausprosessi on tärkeä osa kojeistojen valmistusta ja uskon, että tulevilla muutoksilla on vaikutusta myös valmistettävien kojeistojen laatuun. Alkuperäisen suunnitelman mukaan työn aikana oli tarkoitus kasata suunniteltu testilaitteisto, mutta se päätettiin siirtää myöhempään ajankohtaan. Laitteisto on tarkoitus kasata tulevan tuotantotilan layout-muutoksen yhteydessä.

LÄHTEET

Alhainen, J. 2014. Jakokeskusten sähköisten liitosten vikaantumismekanismit ja sähköpalot. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Opinnäytetyö.

Amprobe Test Tools. 2013. Telaris ProInstall-100-EUR. Käyttöohje. Luettu 5.9.2019. https://www.yeint.fi/amfile/file/download/file_id/191299/product_id/217965/

Fluke Corporation. 2014. Vikavirtasuojien testaaminen Fluke 1650B-sarjan laitteilla. Sovellusohje. Luettu 10.11.2019. 20145122_Fluke_Appnotes_testing RCDs-FI-3.pdf.

Phoenix Contact 2019. Pääteholkit. Luettu 5.9.2019. https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm:path:/fifi/web/main/products/subcategory_pages/Tools_P-25/8180ec6c-b52b-4694-a5a6-ec0f28558052/8180ec6c-b52b-4694-a5a6-ec0f28558052

Rittal Oy. 2019. IP-kotelointiluokat. Kotelointiluokat IEC 60 529:n (EN 60 529) mukaisesti. Luettu 13.7.2019. https://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/ip/ip_1.jsp

SFS 6000-6:2017. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 5.9.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-8-803:2017. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 5.10.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 50191. 2011. Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 12.6.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 60529-1992+A1:2000+A2:2013+AC:2019. 2019. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 26.5.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 61439-1. 2013. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 30.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 61439-2. 2013. Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitettut kojeistot. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 30.3.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 61439-3. 2013. Maallikoiden käyttöön tarkoitettut keskukset (jakokeskukset). Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 26.5.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-IEC 60050-826. 2005. Sähköteknillinen sanasto. Osa 826: Rakennusten sähköasennukset. Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 16.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

Säköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Luettu 16.8.2019. <http://plus.edilex.fi/content/tukes/fi/lainsaadanto/20161135/?toc=1 - L4>

TamControl Oy. 2019. Sähkökeskuksen tarkastuspöytäkirja. TamControl Oy:n sisäinen aineisto.

Verkkokauppa SLO. n.d. Ohjauskeskus. Luettu 24.5.2019. <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/ohjauskeskus-sis-emdr-10-6x16a-vvsk-metalli-3418407>

Verkkokauppa Turvamerkki. n.d. Purkautumaton kondensaattori SK. Luettu 22.10.2019. <https://www.turvamerkki.fi/purkautumaton-kondensaattori-sk-13144.html>

LIITTEET

Liite 1. TamControl Oy:n tarkastuspöytäkirjan ensimmäinen sivu

(TamControl Oy 2019, 1)



Sähkökeskuksen tarkastuspöytäkirja

IEC 61439-2 Pienjännitekeskukset.
Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot

Keskusvalmistaja: _____ Työnumero: _____
Laitteen tyyppi: _____ Tunniste: _____
Testaaja: _____ Päivämäärä: _____

1. Silmämääräinen tarkastus:

- 1.1 Dokumentit ja merkinnät OK _____
- 1.2 Mekaaninen rakenne OK _____
- 1.3 Suojaus pölyltä ja kosteudelta OK _____
- 1.4 Kosketussuojaus OK _____
- 1.5 Ilma- ja pintavälit OK _____
- 1.6 Johtimet ja kaapelit OK _____
- 1.7 Johdin- ja kaapeliliitännät OK _____
- 1.8 Yleinen siisteys OK _____
- 1.9 _____ OK _____

TamControl Oy
Teollisuustie 1
33470 Ylöjärvi

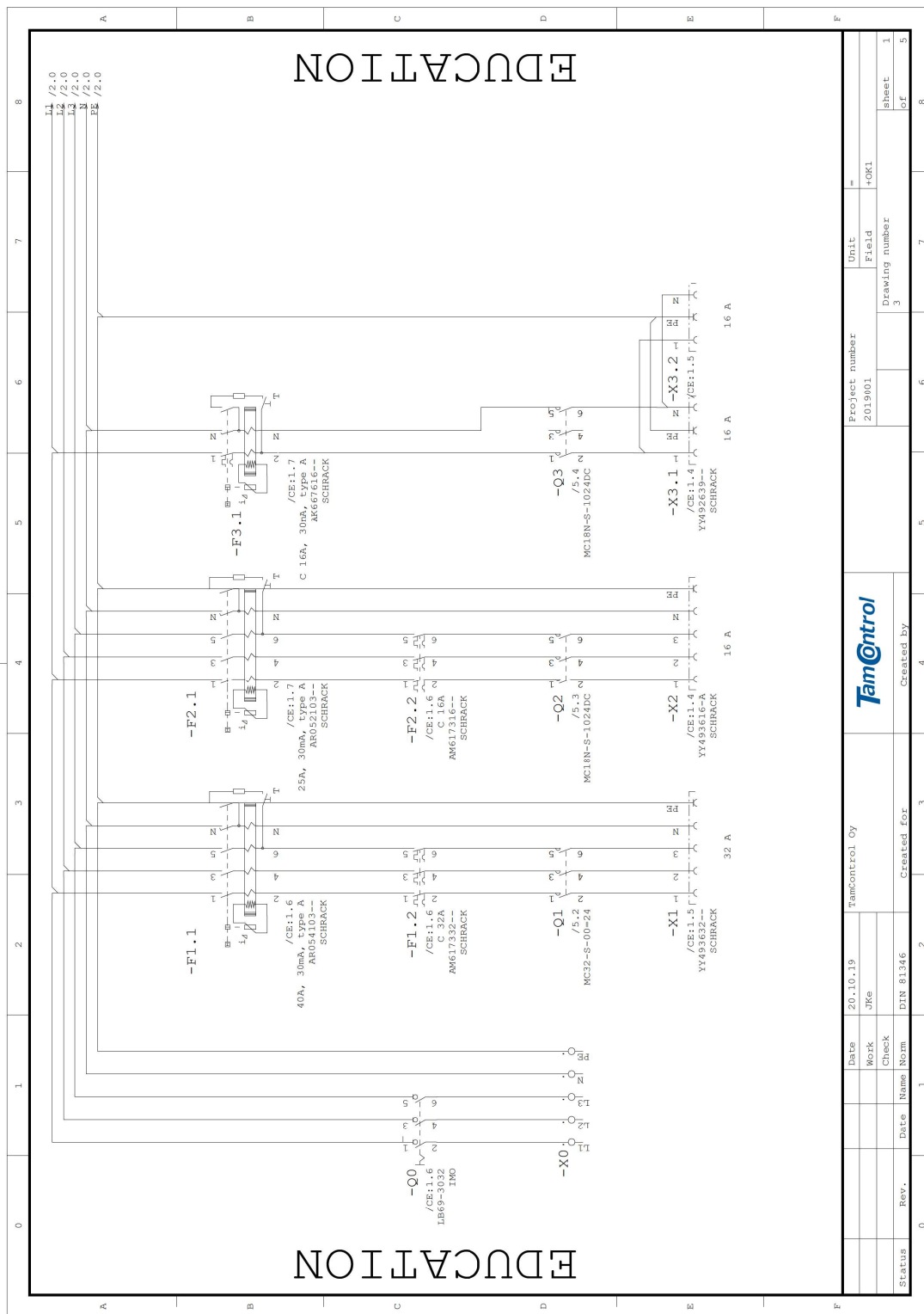
Liite 2. Kojeiston sisäisten johtimien mitoitus taulukko



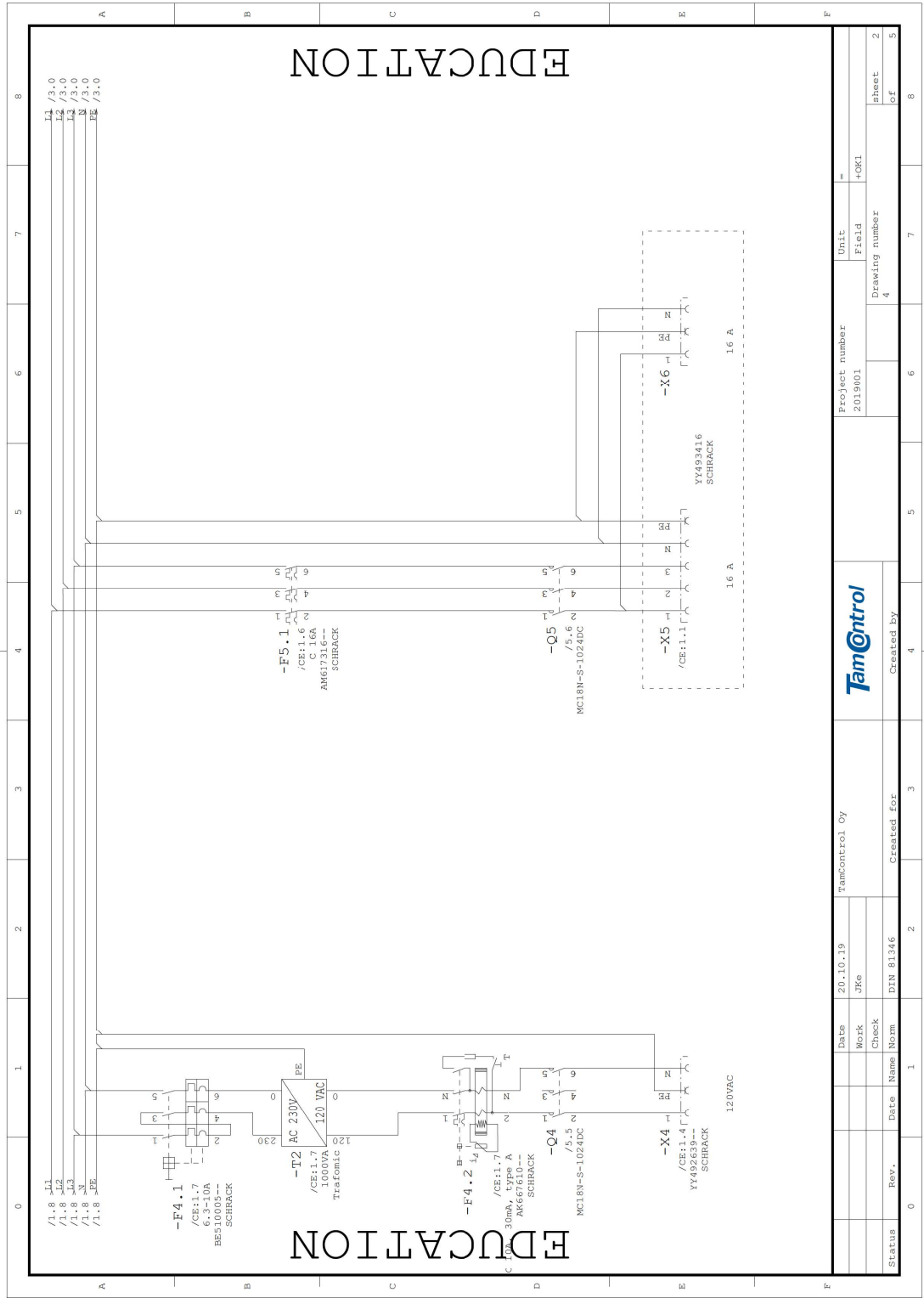
JONNA-RIIKKA KETOLA
18.10.19

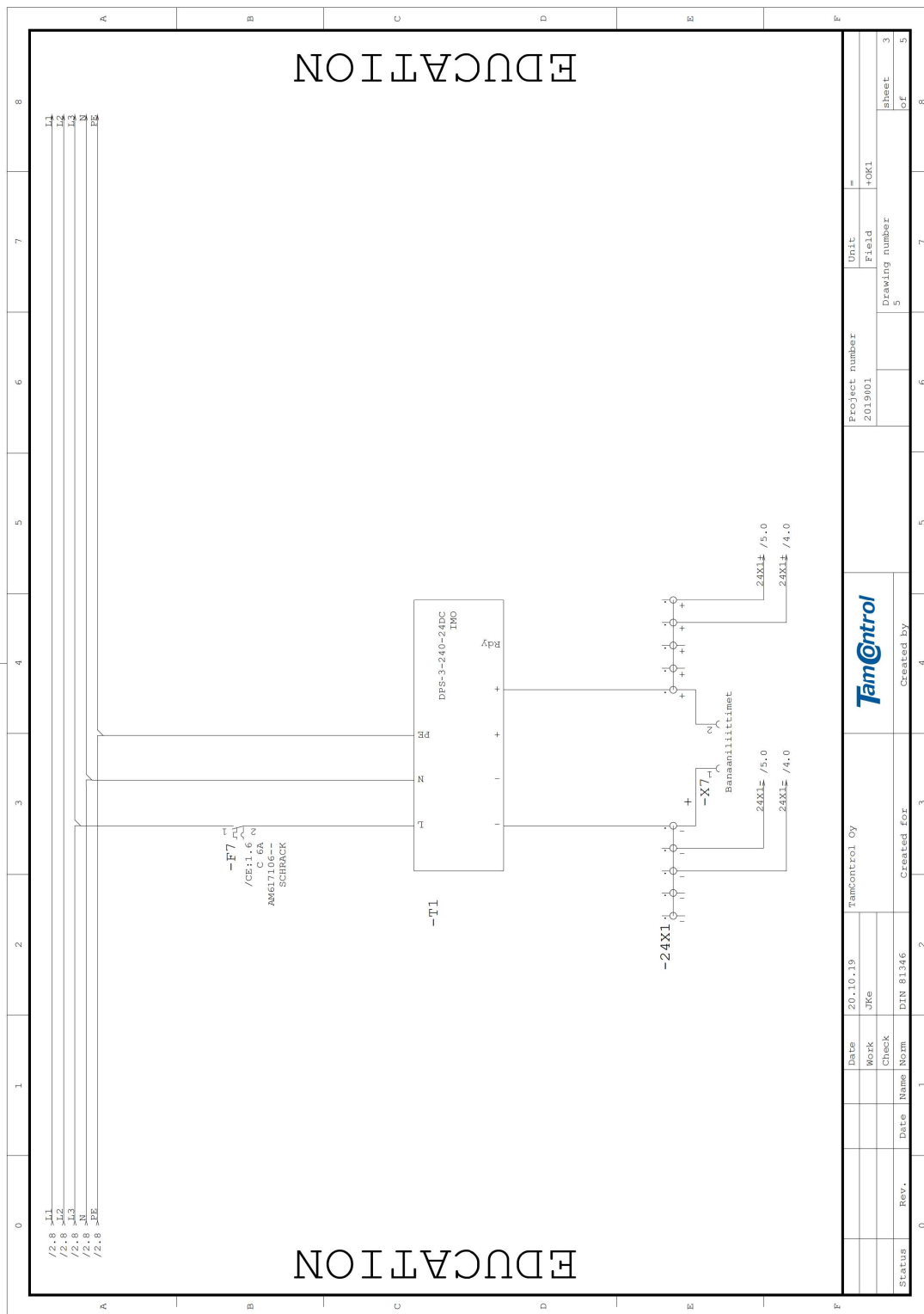
TAULUKKO 1. Kaapeleiden koot ja kuormitettavuus

Virta A	Vaihejohdin mm ²	N- ja PE-johdin mm ²
6	0,75	0,75
10	1,5	1,5
16	2,5	2,5
20	2,5	2,5
25	4	4
32	6	6
40	10	10
50	10	10
63	16	16
80	16	16
100	25	16
125	35	16
160	50 2x16	25 16
200	70 2x25	35 25
250	120 2x35	70 35
315	150 2x50	70 50
400	240 2x70	120 70
500	2x120 4x35	120 2x35
630	2x150 4x50	150 2x50
800	2x240 3x120 4x70	240 185 2x70
1000	3x185 4x120	2x150 2x120



Date		20.10.19		Temcontrol Oy		Project number		201901		Unit		+OK1	
Work		JKe				Field				Drawing number		3	
Check		DIN 81346		Created for		Created by				sheet		1	
Rev.		Date		Name		Norm				of		5	
Status													



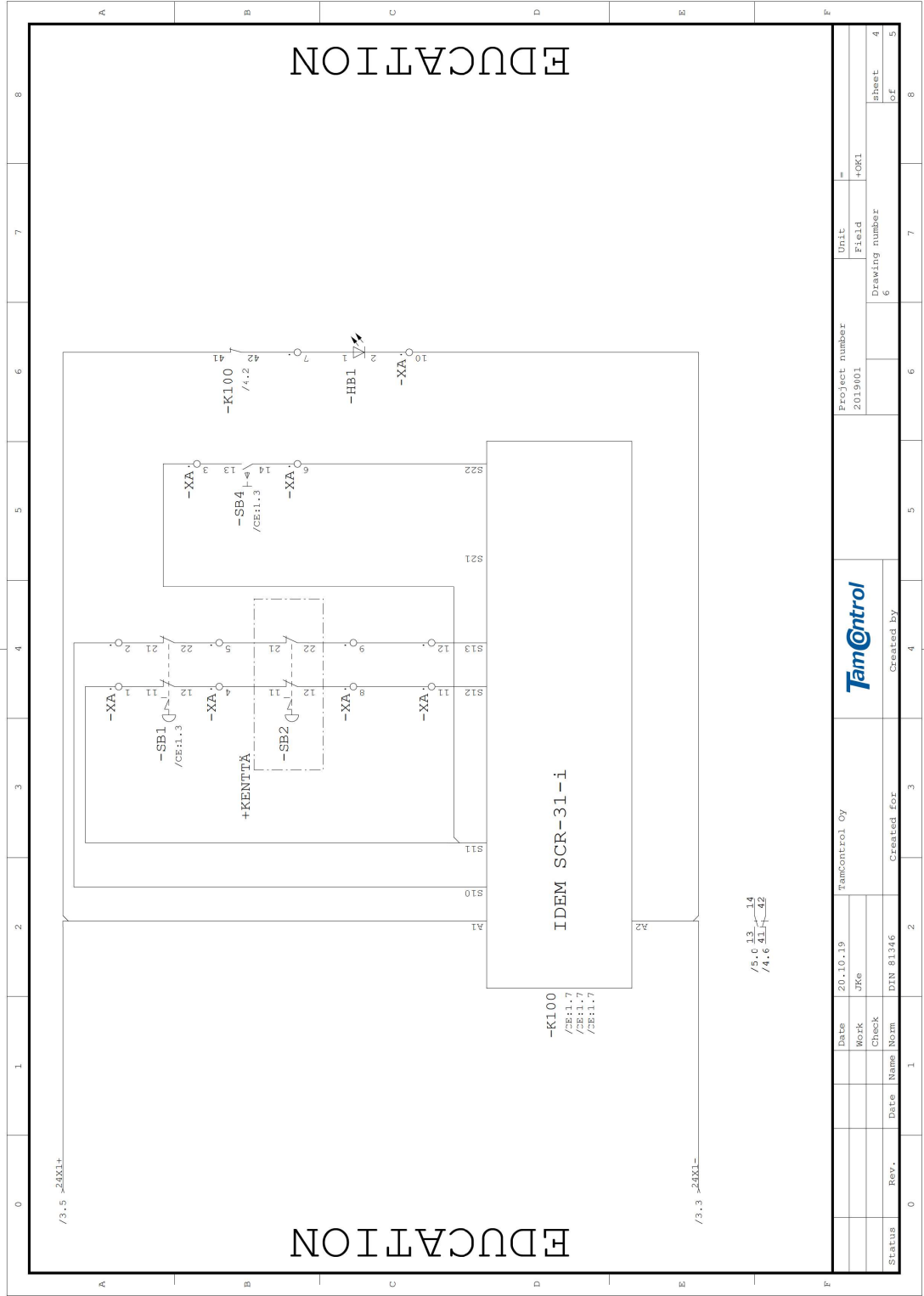


1.1	1.1
1.2	1.2
1.3	1.3
1.4	1.4
1.5	1.5
1.6	1.6
1.7	1.7
1.8	1.8

Project number		Unit	
201901	+OK1	Field	+OK1
Drawing number		Drawing number	
5	5	5	5
sheet		sheet	
3	3	3	3
of		of	
5	5	5	5



Date	20.10.19	TempControl Oy	Created by
Work	JKe		
Check			
Date		Name	Created for
		DIN 81346	
Rev.			

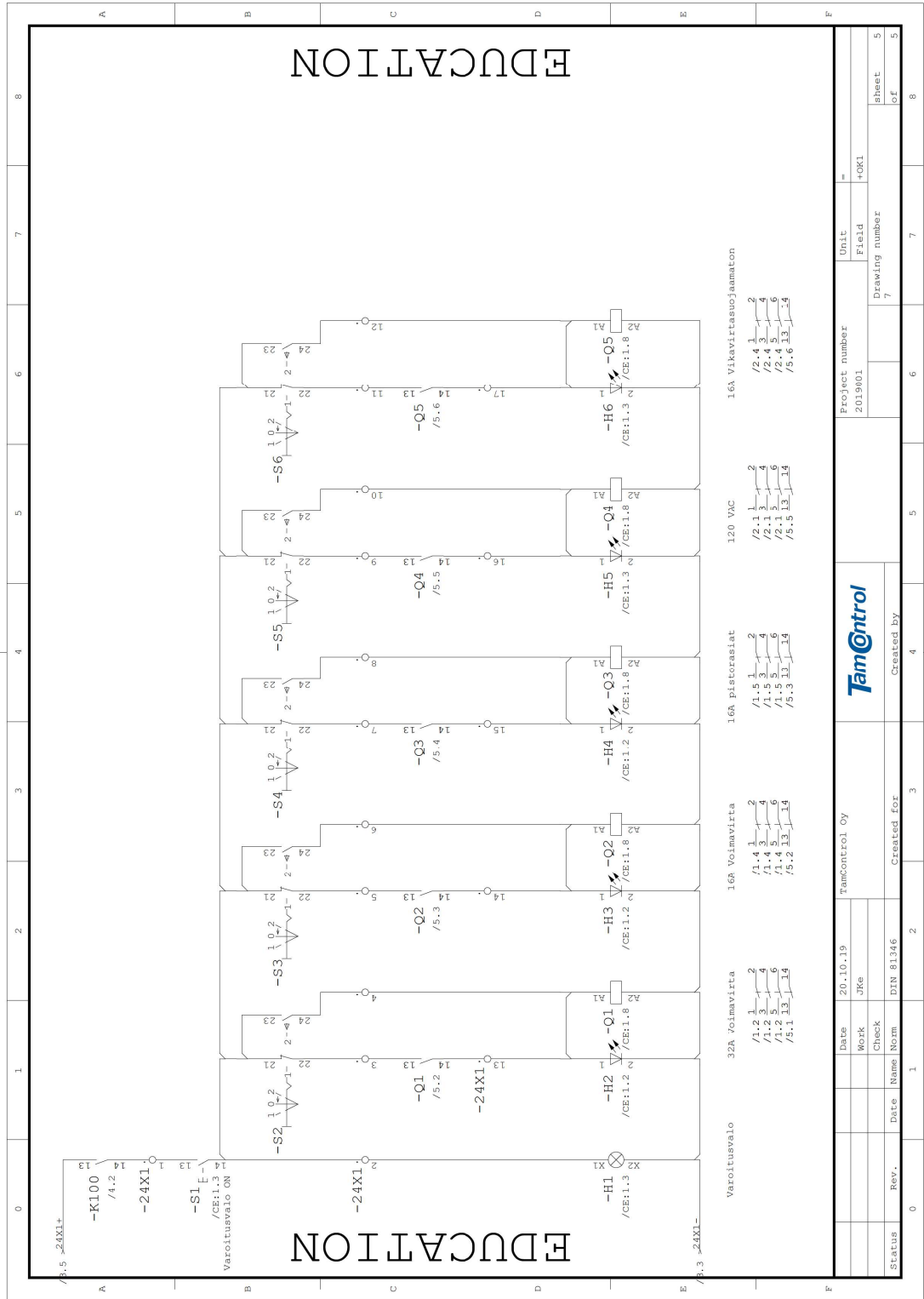


/5.0 13 14
/4.6 41 42

Status	Rev.	Date	Name	Norm	Created for	Created by

Date		20.10.19		Tamcontrol Oy	
Work		JKe			
Check					
Date		DIN 81346		Created for	
Name				Created by	
Norm					

Project number		201901		Unit		+OKI	
Field		6		Drawing number		6	
sheet		4		sheet		4	
of		5		of		5	



EDUCATION

EDUCATION

Varoituusvalo

32A Voimavirta

16A Voimavirta

16A pistorasias

120 VAC

16A Vikavirtasuojaamatton

Varoituusvalo

32A Voimavirta

16A Voimavirta

16A pistorasias

120 VAC

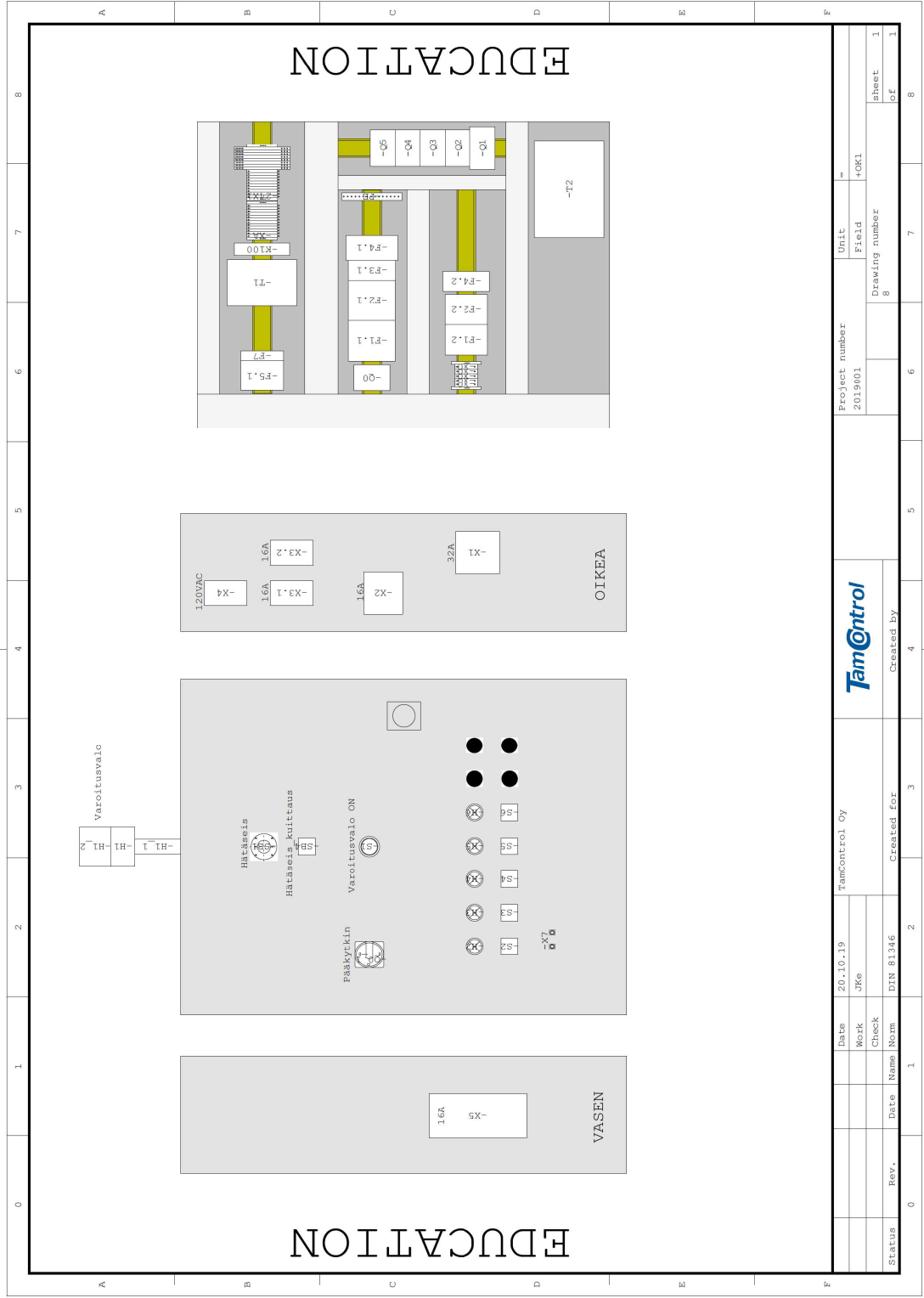
16A Vikavirtasuojaamatton

Status	Rev.	Date	Name	Norm	Created for	Created by

Date	Work	Check	Tempcontrol Oy
20.10.19	JKE		

Project number	Unit	Field	Drawing number	sheet
2019001	+ORL		7	5

Project number	Unit	Field	Drawing number	sheet
2019001	+ORL		7	5



Date		20.10.19		Tamcontrol Oy		Project number		2019001		Unit		+081	
Work		JKe				Field				Drawing number		8	
Check						Created for				sheet		1	
Date		Name		Norm		Created by				of		1	
Rev.													

EDUCATION

EDUCATION

Material list										Page 1	
No.	Qty	Name	Part number	Reference	Manufacturer	Unit price	Total price				
1	1	Socket->bottom	-X7								
2	18	Spring Clamp Terminal 2.	SCR3BEIGE	-24X1,+OKI-24X1	IMO						
3	1	RCBE AMPARO 10KA, 40A, 4	AR054103--	+OKI-F1.1	SCHRACK						
4	1	Miniature Circuit Breaker	AM67332--	+OKI-F1.2	SCHRACK						
5	1	RCBE AMPARO 10KA, 25A, 4	AR052103--	+OKI-F2.1	SCHRACK						
6	2	Miniature Circuit Breaker	AM67316--	+OKI-F2.2,+OKI-F5.1	SCHRACK						
7	1	Combined MCB/RCD (RCBO)	AM667616--	+OKI-F3.1	SCHRACK						
8	1	Transformer protection c	BES.0005--	+OKI-F4.1	SCHRACK						
9	1	Combined MCB/RCD (RCBO)	AM667610--	+OKI-F4.2	SCHRACK						
10	1	Miniature Circuit Breaker	AM67106--	+OKI-F7	SCHRACK						
11	1	Blue LED unit 18-30V AC/	MM2.8057--	+OKI-H1	SCHRACK						
12	1	IMMG modul base	IMMG	+OKI-H1	EMAS						
13	1	IMMG024K led red	IMMG024K	+OKI-H1	EMAS						
14	1	IKAM01 Jalka	IKAM01	+OKI-H1_1	EMAS						
15	1	IMTK modul red	IMTK	+OKI-H1_2	EMAS						
16	5	White LED unit 18-30V AC	MM2.6557--	+OKI-H2,+OKI-H3,+OKI-H4	SCHRACK						
17	5	Indicator light flat, wh	MM2.6771--	+OKI-H6,+OKI-H5	SCHRACK						
18	1	SCR-31-1 Screw Terminals	2E0002	+OKI-K100	Idem						
19	1	Wall-mounted enclosure 1	WFR6060210	+OKI-OK1	SCHRACK						
20	1	Insulated PE terminal, 1	IM0210391-	+OKI-PE	SCHRACK						
21	1	Isolator Extension Shaft	E69-0002	+OKI-Q0	IMO						
22	1	Base Mount Door InterLoc	LB69-3032	+OKI-Q0	IMO						
23	1	Isolator Handle, 64x64mm	H69-0001	+OKI-Q0_1	IMO						
24	1	Contacto 3 Pole Open 15	MC32-S-00=24	+OKI-Q1	IMO						
25	4	Contacto 3 Pole Open 7.	MC18N-S-1024DC	+OKI-Q2,+OKI-Q3,+OKI-Q5	IMO						
26	2	Emergency Stop label, 60	MM2.6483--	+OKI-Q4	SCHRACK						
27	2	Emergency stop button, n	MM2.63467--	+OKI-SB1,+FENPTA-SB2	SCHRACK						
28	1	Illuminated pushbutton a	MM2.6931--	+OKI-SB1,+FENPTA-SB2	SCHRACK						
29	14	Adapter (front)	MM2.6374--	+OKI-SB4	SCHRACK						
				+OKI-S1,+OKI-H2,+OKI-H3	SCHRACK						
				+OKI-H4,+OKI-H6,+OKI-H5	SCHRACK						

EDUCATION

EDUCATION

Status	Rev.	Date	Name	Norm	Created for	Created by	Material list	Project number	Unit	Field	Drawing number	sheet	of
		20.10.19	JKe					2019/01				1	3
			Check										



Material list		Page 2					
No.	Qty	Name	Part number	Reference	Manufacturer	Unit price	Total price
				+OKI-S2, +OKI-S3, +OKI-S4			
				+OKI-S6, +OKI-S5, +OKI-SB4			
				+OKI-SB1, +KENTTA-SB2			
30	7	NO contact block front m	MM2:6376--	+OKI-S1, +OKI-S2, +OKI-S3	SCHRACK		
				+OKI-S4, +OKI-S6, +OKI-S5			
				+OKI-SB4			
31	12	Legend plate holder bloc	MM2:6392--	+OKI-S1, +OKI-H2, +OKI-H3	SCHRACK		
				+OKI-H4, +OKI-H6, +OKI-H5			
				+OKI-S2, +OKI-S3, +OKI-S4			
				+OKI-S6, +OKI-S5, +OKI-SB4			
				+OKI-S1	SCHRACK		
32	1	Push-button flat, spring	MM2:6594--	+OKI-S2, +OKI-S3, +OKI-S4	SCHRACK		
33	8	NC contact block front m	MM2:6378--	+OKI-S6, +OKI-S5, +OKI-SB1	SCHRACK		
				+KENTTA-SB2			
34	5	Selector switch, 3 pos,	MM2:6407--	+OKI-S6, +OKI-S5	SCHRACK		
				+OKI-S2, +OKI-S3, +OKI-S4			
				+OKI-S2, +OKI-S3, +OKI-S4	SCHRACK		
				+OKI-S6, +OKI-S5	SCHRACK		
36	1	Power Supply 340-575AC i	DFS-3-240-24PC	+OKI-T1	IMO		
37	1	Transformer FE 1000VA	TRR 22734	+OKI-T2	Trafemic		
38	1	Mounting plate		+OKI-U1			
39	0,74 m	Cable tray		+OKI-U2			
40	2,14 m	Cable trunking		+OKI-U3, +OKI-U14, +OKI-U16			
				+OKI-U18, +OKI-U25			
41	1,52 m	Rail		+OKI-U9, +OKI-U15, +OKI-U17			
				+OKI-U26			
42	4	Blanking plug, grey	MM2:6388	+OKI-U21, +OKI-U6, +OKI-U8	SCHRACK		
				+OKI-U22			
43	2	Cabinet slide piece		+OKI-U23, +OKI-U24			
44	22	Spring Clamp Terminal 2.	SC2.5	+OKI-XA, +OKI-24X1	IMO		
45	1	End Plate for SC6 Beige	EPS6	+OKI-X0	IMO		
46	3	Spring Clamp Terminal 6m	SC6	+OKI-X0	IMO		
47	1	Spring Clamp Terminal 6m	SC6BLUE	+OKI-X0	IMO		

EDUCATION

EDUCATION

Date		20.10.19		Temcontrol Oy		Project number		201901		Unit		Field		
Work		JKE								Drawing number		10		
Check										sheet		2		
Norm		DIN 81346		Created for		Created by				of		3		
Status	Rev.	Date	Name	Norm	Created for	Created by					sheet		2	
											of		8	



Liite 4. Kojeiston tarkastuslista

JONNA-RIIKKA KETOLA
17.11.19Kojeiston tarkastuslista

Projektinumero:

Tarkastaja:

- Projektikortin läpikäynti
- Dokumentit ja merkinnät
 - Ajantasaiset kuvat
 - Ohjekirjat, manuaalit ym.
 - Positiomerkinnot
 - Johdinmerkinnät
 - Maadoitustarrat
 - Dokumenttitasku
- IP-luokitus
 - Läpiviennit
- Kosketussuojaus
- Ilma- ja pintavälit
- Johtimet ja kaapelit
 - HF
 - AWG
- Johdin- ja kaapeliliitännät
 - Johtojen nyppiminen
 - Tulo- ja lähtöliittimissä tarpeeksi tilaa
- Yleinen siisteys
 - Imurointi
 - Kourun kannet
 - Maalipinta
- Mekaaniset tarkastukset
 - Ruuvien kiristys
 - Suojalaitteet

Kojeiston tarkastuslista

- Ohjauskojeet
- Ovet ja lukot
- Eristysresistanssi
- PE-johtimen jatkuvuus
- Vaihejärjestys
- Ohjausjännitteet
- Vikavirtasuojakytkimen toiminta
 - Testipainike
 - Laukaisuvirta
 - Laukaisuaika
- Toiminnalliset testit
- Testauksia varten tehtyjen kytkentöjen purku
- Arvokilpi
- Keskuksen valokuvaus
- Tarkastuspöytäkirjan kopiointi

Huomiot: