STADIA
HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

SÄHKÖLAITEKORJAAMON SÄHKÖSUUNNITTELU JA SÄHKÖTURVALLISUUS

Työn tekijä: Ari-Pekka Karvinen
Työn valvoja: lehtori Tapio Kallasjoki
Työn ohjaaja: tekninen päällikkö Kari Willman

Työ hyväksytty: __. __. 2008

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

STADIA
HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

ALKULAUSE

Tämän työn aikana uskon kehittyneeni useilla insinöörille tärkeillä osa-alueilla ja uskon saaneeni tästä työstä paljon hyödyllisiä kokemuksia tulevia projektejani varten. Yhteistyö eri sidosryhmien kanssa oli mielenkiintoista.

Kiitän Metos Oy Ab:tä ja etenkin yhdyshenkilöitäni teknistä päällikköä Kari Willmania ja huoltopäällikköä Jari Väisästä kiinnostavasta ja haastavasta työaiheesta. Haluan kiittää myös valvojaani Helsingin ammattikorkeakoulun lehtori Tapio Kallasjokea työn valvonnasta ja suurenmoisesta ohjauksesta.

Nämä henkilöt tekivät mahdolliseksi insinöörityöni tekemisen itseäni kiinnostavasta aiheesta.

Kiitokset kuuluvat myös kaikille minua tässä työssä tukeneille henkilöille.

Helsingissä 13.4.2008

Ari-Pekka Karvinen

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

STADIA
HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Ari-Pekka Karvinen

Työn nimi: Sähkölaitekorjaamon sähkösuunnittelu ja sähköturvallisuus

Päivämäärä: 25.4.2008 Sivumäärä: 37 s. + 10 liitettä

Koulutusohjelma: Sähkötekniikka Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka

Työn valvoja: Lehtori Tapio Kallasjoki

Työn ohjaaja: Tekninen päällikkö Kari Willman

Tämä insinöörityö tehtiin Metos Oy Ab:n Keravan tehtaalle. Lähtökohtana työssä oli se, että sähkölaitteiston dokumentaatiot olivat vanhentuneet. Työn tarkoituksena oli selvittää ja suunnitella kirjallisuuden avulla standardien mukainen sähköistys ja työturvallisuus sähkölaitekorjaamolle. Tavoitteeksi asetettiin, että sähkölaitekorjaamon sähköistys ja sen dokumentointi olisi selkeää sekä työskentely muutosten jälkeen olisi sujuvaa ja mutkatonta. Työn toisena osana oli toteuttaa ja suunnitella selkeät ohjeet sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksista.

Työssä suunniteltiin SFS-standardeja apuna käyttäen sähkölaitekorjaamon sähköistys siten, että se toteuttaa sähkötyöturvallisuus vaatimukset. Sähkölaitekorjaamolle on annettu omat vaatimuksensa standardeissa. Sähköistyksen lisäksi korjaamolle suunniteltiin standardien mukainen suojaus staattiselta sähköltä (ESD). Samalla yrityksen dokumentaatio sähköisten komponenttien osalta saatettiin standardien vaatimalle tasolle. Työssä annetaan ohjeita sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksia varten. Tämän lisäksi työssä opastetaan tekemään laitteiston mittauksia testauspaikalla.

Työn tuloksena saatiin toteutettua yhdessä urakoitsijan kanssa sähkölaitekorjaamo, joka vastaa SFS-standardien vaatimuksia ja ohjeistuksia. Yritykselle toimitettiin tarvittavat tasopiirustukset ja ryhmäkeskusten pääkaavioiden piirustukset. Urakoitsija teki laitteistolle käyttöönottotarkastukset ja täytti vaadittavat pöytäkirjat, jotka myös toimitettiin yritykselle. Tämän lisäksi ohjeistettiin sähkölaitekorjaamon henkilökunta toimimaan uudessa korjaamossa. Vian sattuessa uuden sähkölaitekorjaamon suojaus toimii standardien mukaisesti ja suojaus staattiselta sähköltä poistaa ison osan staattisen sähkön aiheuttamista ongelmista.

Avainsanat: korjaamo, ESD, käyttöönottotarkastus, staattinen sähkö

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

STADIA
HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

ABSTRACT

Name: Ari-Pekka Karvinen

Title: Design of Electrical Installations in Repair Workshop and Electrical Safety

Date: 19 April 2008 Number of pages: 54

Department: Electrical Engineering Study Programme: Power Systems

Instructor: Tapio Kallasjoki, Lecturer

Supervisor: Kari Willman, Technical Support Manager

This study was carried out for Metos Oy Ab Kerava plant. The idea for this project came from the company, whose documentation of electronic devices was outdated. The purpose of this study was to determine and design, with the help of professional literature, what kind of electrical installations and electrical safety is required for an electronic device repair workshop in order for it to comply with the current standards. The aim was to clarify the electrical installations of the electronic devices in the repair workshop as well as their documentation thus making work easier and simpler to carry out. Another objective was to plan and create clear instructions on what procedures are needed prior to performing electrical installations and implementing electrical devices.

This study is based on SFS standards. These standards include separate instructions for repair workshops. In addition to the electrical installations, this study explores and designs protection against electrostatic discharge (ESD). The protection against electrostatic discharge was carried out in the electronic device repair workshop according to the standards. At the same time, the documentation of the electrical components of the company was brought up to the level the standards demand. This work provides instructions on the commissioning inspection for electronic devices as well as on the measurements to be carried out in the testing area.

The electronic device repair workshop now corresponds to the SFS 600 standard. The necessary level drawings and the head schemes of the electrical centers were delivered to the company. The contractor carried out a commissioning inspection for the devices and filled in the required the log sheets, which were also returned to the company. Moreover, the employees of the electronic device repair workshop were provided with instructions for working in the new repair workshop. The new repair workshop ensures that, in a faulty situation, the protection of the device works according to the standards as the ESD protection eliminates from the electronic components the problems caused by static electricity.

Keywords: repair workshop, ESD, commissioning inspection, electrostatic

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

SISÄLLYS

ALKULAUSE
TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 SÄHKÖLAITEKORJAAMON TILOJEN KARTOITTAMINEN 2

3 SÄHKÖTURVALLISUUS 4

3.1 Perussuojaus 5

3.2 Vikasuojaus 5

3.3 Syötön automaattinen poiskytkentä 6

4 SÄHKÖLAITEKORJAAMON SÄHKÖSUUNNITTELU 7

5 SÄHKÖLAITEKORJAAMON VARUSTAMINEN 8

5.1 Staattinen sähkö 9

5.1.1 Suora purkaus elektroniseen piiriin tai komponenttiin 11

5.1.2 Suora purkaus laitteen koteloon 11

5.1.3 Epäsuora purkaus 12

5.2 ESD-suojaaminen korjaamotiloissa 12

6 KORJAAMON SÄHKÖKESKUKSET 14

6.1 Jakokeskukset 14

6.2 Työpistekeskukset 16

6.2.1 Johdonsuojakatkaisija 16

6.2.2 Vikavirtasuojakytkin 18

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

7 VALAISTUS **20**

7.1 Valaistusvoimakkuudet työskentelyalueilla 21

7.2 Valaistusvoimakkuuden mittaaminen 22

8 SÄHKÖLAITEKORJAAMON PISTORASIAT **24**

9 TESTAUSALUE **25**

9.1 Sähköinen erotus 26

9.2 Testauslaite 28

9.3 Testausalueella korjattaville laitteille suoritettavat testaukset 29

9.3.1 Suojamaadoituspiirin jatkuvuus 29

9.3.2 Eristysresistanssi 30

9.3.3 Jännitekoe 30

9.3.4 Suojaus varausjännitteiltä eli jäännösjännite 31

10 KORJAAMON SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET **31**

10.1 Silmämääräiset tarkastukset 32

10.2 Mittaukset ja toiminnalliset kokeet 33

10.2.1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen 33

10.2.2 Eristysresistanssi 33

10.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä 34

10.2.4 Vikavirtasuojankytkimen toiminnan testaus 34

10.3 Tarkastuspöytäkirja 35

11 TULOKSET **35**

12 YHTEENVETO **36**

LÄHTEET **37**

LIITELUETTELO **39**

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1 JOHDANTO

Tässä insinöörityössä käsitellään Metos Oy Ab:lle tehtävää sähkölaitekorjaamon sähkö- ja sähköturvallisuussuunnitelmaa, koska kyseessä on sähkölaitekorjaamo, standardit asettavat sille omat vaatimuksensa niin sähköturvallisuuden kuin sähköisten komponenttienkin osalta. Sähkö- ja turvallisuussuunnitelman tarkoituksena on, että se täyttää kaikki standardien vaatimat asiat niin sähköisesti kuin kokonaisena sähkölaitekorjaamona.

Metos Oy Ab on yksi maailman johtavista suurkeittiölaitteita tuottavista yrityksistä. Näin ollen myös sen sähkölaitekorjaamon tulee olla täysin toimintakuntoinen ja esimerkkinä pienemmille yrityksille. Metos Oy Ab on nykyisin markkinajohtaja Pohjoismaissa, Baltian maissa sekä Benelux-maissa ja yksi alan johtavista yrityksistä ja tavaramerkeistä Euroopassa.

Metos Oy Ab kuuluu itsenäisenä liiketoimintaryhmänä ALI Groupiin, joka on yksi maailman johtavista laitetoimittajista ammattikeittiöille. Det Norske Veritas on myöntänyt Metokselle ISO 9001:2000 laatu- ja ISO 14001 -ympäristösertifikaatit. Ensimmäisenä yrityksenä Suomessa nämä sertifikaatit on myönnetty tuotannon ja tuotekehityksen lisäksi myös myynti-, markkinointi-, huolto- ja logistiikkatoiminnoille.

Tässä insinöörityössä käsitellään keinoja, joilla sähkölaitekorjaamon sähköistys ja sähkötyöturvallisuus voidaan toteuttaa. Työssä selvitetään, mitä asioita on suunnittelussa otettava huomioon ja minkälaisia toimenpiteitä on tehtävä, kun asennus on suoritettu. Työssä esitellään erilaiset suojausratkaisut, joita voidaan käyttää niin sähköisissä komponenteissa kuin erilaisilla työskentelypinnoilla.

Kyseessä olevan sähkölaitekorjaamon sähköistys on useita, jopa kymmeniä vuosia vanha. Se on toteutettu sähköturvallisuuskeskuksen tiedonantojen T49-77 (voimassa 1.1.1980 - 30.6.1986) ja T49-84 (voimassa 1.7.1986 - 31.12.2002) ohjeiden mukaan. Siirryttäessä T49-77-tiedonannosta T49-86-tiedonantoon takautuvat sähköiset korjaukset oli tehtävä 1.1.1990 mennessä.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Kyseessä oleva tiedonanto ei enää nykypäivänä ole voimassa, joten sähkölaitekorjaamo muutetaan sähköistyksen ja sähköturvallisuuden osalta Suomen Standardisointiliitto SFS ry:n standardien SFS 6000-, SFS6002- sekä EN-standardien mukaiseksi. Tiloista rakennetaan käytännöllinen ja turvallinen, mutta kuitenkin niin, ettei edellä mainituista määräyksistä ja standardeista poiketa.

Työssä käydään läpi sähkösuunnittelun, asennusten ja suojausluokkien lisäksi muita toimenpiteitä ja alueita, jotka ovat sähkölaitekorjaamossa poikkeuksellisia verrattuna normaaleihin sähkötiloihin. Työn lopussa käsitellään testauspaikkaa ja siihen liittyviä vaatimuksia. Lisäksi käsitellään minkälaisia käyttöönottotarkastuksia ja mittauksia sähkölaitteistolle on tehtävä ja miten ne on dokumentoitava, ennen kuin asennukset voidaan ottaa virallisesti ja turvallisesti käyttöön.

2 SÄHKÖLAITEKORJAAMON TILOJEN KARTOITTAMINEN

Tämän projektin tarkoituksena on selvittää yhdessä Metos Oy Ab:n teknisen päällikön Kari Willmanin kanssa, joka vastaa yrityksen sähköturvallisuudesta, millä tavalla esimerkiksi ison yrityksen sähkölaitekorjaamo tulisi sähköisesti toteuttaa, jotta standardien SFS 6000, SFS 6002 ja SFS-EN vaatimat määräykset täyttyisivät ja työskentely olisi sujuvaa ja turvallista. Oman mielenkiintonsa sähköistykseen tuo useiden ryhmäkeskusten määrä. Kyseisessä korjaamotilassa sijaitsee viisi kappaletta erikokoisia ryhmäkeskuksia, jotka on kaikki yhdistetty keskenään rengassyöttöverkkoon (ks. liite 7, ryhmäkeskuksen B21 pistorasioiden tasopiirustus).

Alkutilanteessa kiinnitetään ensimmäiseksi huomiota työskentelypisteiden kuntoon. Vanhat työskentelypisteet ovat metallirunkoisia, joissa kuitenkin työskentelytaso on puuta. Yrityksessä on tehty tilapäinen korjaus työpisteiden alla sijaitsevaan lattiaan ja lattiaan on liimattu iso eristävä muovilevy. Standardit ohjeistavat, että työpöytien rungot voivat olla metallia, mutta ne eivät saa olla suoraan johtavassa yhteydessä maahan. Tällä tilapäisellä muovilevyratkaisulla saadaan kyseinen ongelma poistettua. Tilapäinen ratkaisu poistetaan kuitenkin lopullisesti uudessa suunnitelmassa

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ja toteutuksessa ESD-suojauksen avulla (ks. luku 5.2, sähkölaitekorjaamon varustaminen).

Seuraavaksi huomioidaan sähköisten komponenttien, kuten pistorasioiden ja ryhmäkeskusten kunto ja sijoittelu. Keskuksista olevat dokumentaatiot ovat puutteellisia tai puuttuvat jopa kokonaan. Keskusten edessä ei ole vaadittavaa huoltokäytävää/huoltotilaa. Pistorasioita on paljon ja niiden parempaan sijoitteluun joudutaan kiinnittämään huomiota, jotta pistorasiat olisivat käytön kannalta paremmissa paikoissa. Lisäksi pistorasioilta puuttuvat standardien vaatimat vikavirtasuojakytkimet.

Kuva 1. *Rengassyöttöverkon jakopiste*

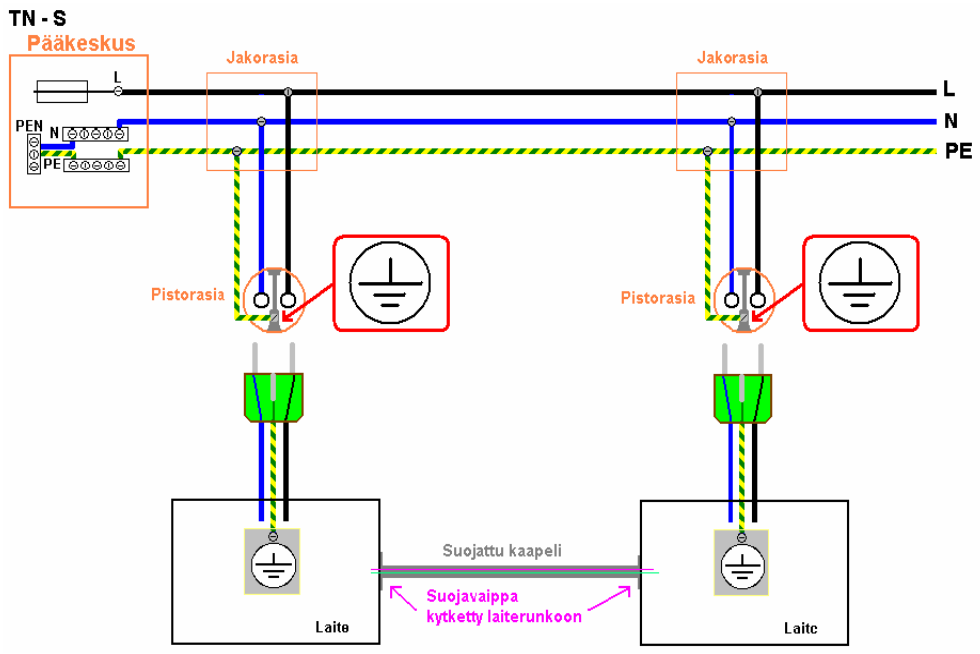
Tarkoituksena on toteuttaa sähköisesti sellainen sähkölaitekorjaamo, missä on helppoa ja turvallista työskennellä. Yrityksen sähkölaitekorjaamossa korjataan, huolletaan ja koekäytetään pienjänniteverkossa (TN-S-järjestelmä) toimivia (230/400 V) laitteita ja kojeita. Yrityksellä on tarkoituksena käyttää tehtyä suunnitelmaa jatkossa myös muissa Suomen tärkeimmissä ja isoimmissa huoltopisteissä, mikäli nyt tehty suunnitelma osoittautuu toimivaksi malliksi.

Työhön oman vaikeutensa tuovat useita, jopa kymmeniä vuosia vanhat sähköistykset, joista ei ole tehty minkäänlaista dokumentaatiota; ainoastaan

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

valaistuksesta löytyvät dokumentit. Valaistus uusittiin joitakin vuosia sitten, jonka myötä siihen liittyvä dokumentaatio on kohtalaisen hyvällä mallilla. Valaistuksesta löytyy ainoastaan tasopiirustus, jonka avulla myös keskuskaavion piirustukset saadaan ajan tasalle.

Työalue pitää merkitä ja määritellä selkeästi. Kaikelle sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä tehtävälle työlle on määriteltävä riittävä työskentelytila, valaistus ja kulkureitit. Sähköisten ohjaus- ja kytkinlaitteiden käyttöpaikoille ja niiden kulku- ja poistumisreiteille ei saa laittaa kulkua estäviä esineitä tai palavia materiaaleja. [1, s. 435.]



Kuva 2. *Sähkölaitekorjaamon TN-S-jakelujärjestelmä [2]*

3 SÄHKÖTURVALLISUUS

Sähkölaitekorjaamossa tapahtuvaa työskentelyä varten on ollut omat erikoismääräyksensä jo vuodesta 1977 asti. Silloinen sähkötarkastuslaitos laati erikoismääräykset tilojen käyttäjiltä tulleiden tietojen ja kokemusten perusteella. Tällä hetkellä voimassa ovat standardit SFS 6000 ja SFS 6002, jotka koskevat sähkölaitekorjaamoita ja laboratorioita joissa esiintyy kosketeltavana luokan 2 jännitteitä (≤1 000 VAC tai 1 500 VDC) tai pienjännitelaitteiden testauksen yhteydessä esiintyviä, luokan 2 jännitteet

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ylittäviä enintään 10 kV:n jännitteitä, joissa koskettamisesta aiheutuva virta on enintään 10 mA.

Sähkölaitekorjaamoalue on järjestettävä siten, että tiloihin pääsevät vain ammattitaitoiset ja opastetut henkilöt. Ulkopuoliset pääsevät tiloihin vain ammattitaitoisten tai opastettujen henkilöiden valvomana. Korjaamoalue ja tilat pitää varustaa kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn näihin tiloihin. Sähkölaitekorjaamoalue aidataan verkkoaidalla ja merkitään varoituskylteillä standardin 6000-8-803.481.2 mukaan. Sähkölaitekorjaamoiden ja sähkölaboratorioiden ovet ja kulkutiet on varustettava kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn näihin tiloihin. Sähköturvallisuutta voidaan parantaa ja kohentaa oikeanlaisilla työkaluilla ja kunnollisella työvaatetuksella. [1, s. 409 - 410.]

3.1 Perussuojaus

Sähkölaitekorjaamoiden luonteen vuoksi ei korjattavassa tai testattavassa laitteessa aina voida käyttää kosketussuojausta eli perussuojausta. Korjaustyössä käytettävissä työkaluissa ja mittalaitteissa on käytettävä perussuojausmenetelmänä eristystä tai kotelointia laitteiden normaalien rakennusstandardien mukaisesti. Korjattavien laitteiden kokeilut ja muut vastaavat pitää suorittaa mahdollisuuksien mukaan perussuojattuna.

Jos toimenpidettä ei voida suorittaa kosketussuojattuna, pitää käyttää mahdollisuuksien mukaan tilapäisiä suojuksia ja esteitä. Jos tilassa esiintyy jännitealueen 2 (≤1 000 VDC tai 1 500 VDC) ylittäviä korkeintaan 10 kV:n jännitteitä eristyskokeen aikana, on laite erotettava muusta tilasta niin, että pääsy kosketussuojaamattomien jännitteisten osien läheisyyteen on estetty. [1, s. 407 - 408.]

3.2 Vikasuojaus

Kosketusjännite- eli vikasuojauksella voidaan suojautua vaaratilanteilta, jotka syntyvät, kun jännitteiset osat tai vikatapauksessa jännitteisiksi tulleet jännitteelle alttiit osat ja maan potentiaalissa olevat osat koskettavat samanaikaisesti toisiaan. Vikasuojauksella ei voida suojautua nollajohtimen ja jännitteisen osan tai kahden eri vaihejohtimen koskettamisesta

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

aiheutuvista vaaroista. Kosketusjännitesuojauksen täydentämiseksi sähkölaitekorjaamoissa tulee korjauspaikkojen ja työpöytien kosketeltavien pintojen olla eristäviä. Vikasuojauksena sähkölaitekorjaamoissa voidaan käyttää esimerkiksi sähköistä erotusta. [1, s. 408.]

3.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Suojalaitteen on kytkettävä automaattisesti syöttö pois piiristä tai laitteesta, jota se suojaa kosketusjännitteeltä. Poiskytkennän on tapahduttava niin, että jännitteisen osan ja suojajohtimen välisen vian aikana kosketusjännitteen raja-arvoa suurempia arvoja ei esiinny niin kauan, että siitä aiheutuisi haitallisia fysiologisia vaikutuksia henkilöön, joka koskettaa samanaikaisesti kosketeltavia johtavia osia.

Suojaus syötön automaattisesti toimivan poiskytkennän avulla on yleisimmin asennuksissa käytetty vikasuojausmenetelmä. Aiemmin tämän menetelmän mukaisista suojausehdoista on yleisesti käytetty nimitystä "nollausehto" ja on puhuttu "nollausehtojen toteutumisesta". Kyseessä on kuitenkin ollut vaatimus vian nopeasta poiskytkennästä tai kosketusjännitteen rajoittamisesta.

Eristysvian aiheuttama vikavirta ja siinä syntyvä kosketusjännite on poistettava mahdollisimman nopeasti, jotta se ei aiheuta vaaraa ihmiselle. Toimiakseen kunnolla suojausmenetelmän on täytettävä kaksi ehtoa:

1. Virtapiirissä on oltava johtava yhteys, joka mahdollistaa vikavirran kulkemisen. Vikavirtapiirin rakenne riippuu käytetystä maadoitusjärjestelmästä.

Ehto edellyttää kaikkien asennuksesta syötettävien sähkölaitteiden jännitteelle alttiiden osien yhdistämistä suojajohtimella maadoitusjärjestelmään siten, että syntyy vikavirtapiiri.

2. Vikavirta on kytkettävä pois sopivalla suojalaitteella. Poiskytkentäaikaa koskeva vaatimus riippuu eri tekijöistä, esimerkiksi kosketusjännitteestä. Sallittu kosketusjännite ja sen kestoaika perustuvat tehtyihin tutkimuksiin sähkövirran vaikutuksista ihmiseen.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Ehto edellyttää sellaisten suojalaitteiden asentamista, joiden ominaisuudet täyttävät niille erilaisissa maadoitusjärjestelmissä annetut vaatimukset. [3.]

4 SÄHKÖLAITEKORJAAMON SÄHKÖSUUNNITTELU

Suunnittelu aloitettiin tutkimalla ja selvittämällä sähkölaitekorjaamon johdon ja henkilöstön kanssa: mitä asioita korjaamoalueella tarvitaan ja mitä asioita voidaan poistaa. Hankaluuden suunniteluun tuo dokumentoinnin puutteellisuus. Standardin SFS 6000-8-803.514 mukaan sähkölaitekorjaamoissa ja sähkölaboratorioissa on oltava ajan tasalla olevat dokumentit ja tarvittavat merkinnät. Käytännössä yksikään kohta dokumentoinnissa ei ole riittävästi ajantasainen.

Ensimmäiseksi määritellään toimintasuunnitelma ja aikataulut. Tämän jälkeen aloitetaan varsinainen rakennussuunnittelu. Yritykselle luodaan ehdotukset ja luonnokset, joista yritys valitsee mielestään parhaan. Luonnoksien ja keskustelun jälkeen lähdetään luomaan varsinaista sähkösuunnitelmaa, joka toteutetaan yrityksen sähkölaitekorjaamossa. [1, s. 410.]

Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon laitemäärän paljous. Sähkölaitekorjaamoalueelta poistetaan kaikki ylimääräiset laitteet ja hyllyt, jotta kaikkien sähkölaitteiden luokse on helppo päästä. Standardi SFS 6000-8-132.12 määrittelee sähkölaitteiden asennuksesta, että laitteiden edessä on oltava tarpeeksi tilaa niiden asentamista ja myöhemmin tapahtuvaa yksittäistä vaihtamista varten. Lisäksi tilaa pitää olla sähkölaitteiden käyttöä, testausta, tarkastusta, huoltoa ja korjausta varten.

Sähköasennus tulee toteuttaa niin, ettei kyseisen asennuksen ja rakennusten muiden asennusten välillä synny haitallisia vaikutuksia. On myös huomioitava, että sähköasennuksessa on riittävästi erotuslaitteita, jotta virtapiirit tai yksittäiset laitteet pystytään erottamaan verkosta niiden huoltoa, testausta, korjausta tai vianetsintää varten. Suunnitelmissa ja toteutuksessa otetaan huomioon erilaisten välikeskusten (työpistekeskus), suojien ja kytkimien paikat poiskytkentää varten, mikäli tapahtuu vaaratilanne ja jännite joudutaan katkaisemaan välittömästi. [1, s. 41.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Suunnitelmassa on huomioitava, että sähkölaitekorjaamo kuuluu TN-S-järjestelmään, mutta osa korjaamolla olevista laitteista toimii ilman nollajohdinta. Johtojen koot määritellään kuormitettavuuden perusteella asennustavan mukaan. Todetaan, että kun johdot kulkevat seinän pinnalla ja kaapelihyllyillä, voidaan käyttää ohjearvojen mukaisia johtimen poikkipinta-aloja, jotka standardin SFS 6000 kohta 5-538.4 määrittelee. [1, s. 222.]

Suunnittelussa ja asennuksessa on otettava huomioon asennusten ryhmittely. Asennukset pitää ryhmitellä riittävän moneen virtapiiriin. Ryhmittelyn avulla asennuksia voidaan turvallisesti käyttää, testata, tarkastaa ja huoltaa. Ryhmittelyn avulla saadaan vaara ja haittavaikutukset rajattua mahdollisimman pieniksi. [1, s. 69.]

Sähkölaitekorjaamon sähkösuunnittelussa luodaan erilliset valaisinpiirustukset ja pistorasiapiirustukset (tasopiirustukset), sekä kaikkien viiden keskuksen pääkaaviot. Tämä joudutaan toteuttamaan, koska korjaamotilassa on määrällisesti erittäin paljon sähköisiä komponentteja, etteivät ne mahdu selkeästi samaan kuvaan.

Työt toteutetaan A3-kokoiselle paperille, joten yksinkertaisesti sähkölaitekorjaamon komponentit eivät mahdu selkeästi kaikki samalle paperille. Tämän lisäksi luodaan havainnollistavia kuvia (*layout*), miten mm. ESD-suojaus toteutetaan korjaamoalueella. Yritykselle toimitetaan sähköiset versio ja paperiversiot kuvista.

5 SÄHKÖLAITEKORJAAMON VARUSTAMINEN

Sähkölaitekorjaamon työskentelyalue määritellään ja merkataan selkeästi. Sähkölaitteistojen ja sen läheisyydessä tehtävälle työlle on varattava riittävät työtilat, kulkureitit ja valaistus. Korjaamolta puuttuu koestuslaite, millä voidaan mitata korjattu laite niin, että se voidaan palauttaa asiakkaalle samassa kunnossa, jossa laitteen mittausarvot olivat, kun asiakas ostaa laitteen. Testaus- ja korjauspaikoilla on suoritettava laitteille normaalit sähköasennusten kunnossapitotarkastukset, huoltoon ja kunnossapitoon liittyvät tarkastukset ja määrävälein tarkastuksia ja testauksia, joilla varmistetaan laitteiden tai laitteistojen suojausten toimivuus. [1, s. 410.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Sähkölaitteet on aseteltava ja asennettava siten, että niiden luokse on helppo päästä huoltamaan ja korjaamaan laitetta. Tämän lisäksi laitteiden mahdolliset ohjaus- ja kytkinlaitteet on merkattava kilvillä tai muulla sopivalla tavalla. [1, s. 154.]

Taulukko 1. *IP-luokitukset [4]*

IP 4x	Suojattu vieraalta kiinteältä esineeltä Æ 1 mm tai enemmän.	IP x4	Suojattu loiskuvalta vedeltä.
IP 5x	Pölyltä suojattu. Pölyn tunkeutumista ei ole kokonaan estetty, mutta pöly ei aiheuta laitteen toimintaan häiriöitä, eikä vaaranna laitteen muita luokituksia	IP x5	Suojattu vesisuihkulta. Suojattu joka puolelta paineella suihkutetulta vedeltä
IP 6x	Täysin pölyltä suojattu	IP x6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta
		IP x7	Suojattu hetkittäiseltä veteen upottamiselta (1m, 20 C ja 30 min)
		IP x8	Suojattu jatkuvalta veteen upottamiselta. Valmistaja voi määrittää syvyyden, lämpötilan ja ajan

Korjaamon tiloissa sijaitsevat sähköiset komponentit suojataan IP-luokitukseltaan vähintään IP44-luokan suojauksella. Euroopassa käytetään sähkökojeiden tiiveyden määrittämiseksi IP-luokitusjärjestelmää. IP-luokitukset määrittävät sähkökojeen suojauksen ulkoisilta ympäristöolosuhteilta, kuten pölyä ja vettä vastaan. Sähkölaitteissa käytetään yleisesti kaksi numeroista IP-merkintää. Esim. IP 44:n ensimmäinen numero kertoo tuotteen suojauksen vieraita esineitä tai pölyä vastaan (suojattu pölyltä), ja toinen numero kertoo sähkölaitteen suojauksen vettä vastaan (suojattu roiskevedeltä).

5.1 Staattinen sähkö

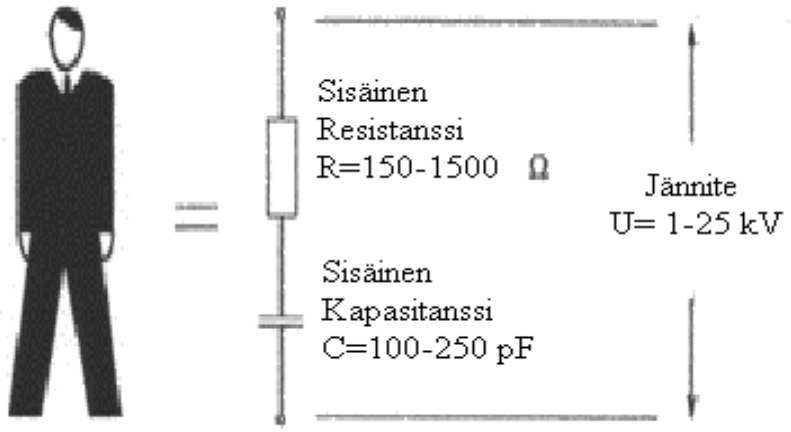
Sähkölaitekorjaamoissa ja yleensä elektroniikkateollisuudessa staattinen sähkö aiheuttaa paljon ongelmia. Staattinen sähkö aiheuttaa elektroniikka komponenttien rikkoutumisia. ESD (*electrostatic discharge*) on elektroniikkateollisuudessa yleistyvä suojaus, sillä vältetään laitteisiin

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

tapahtuvat sähköpurkaukset ja sen seurauksena vähennetään mysteeristen elektroniikkakomponenttien hajoamisia. Staattisesta sähköstä johtuvien vikojen ja ongelmien poistamiseksi yrityksessä toteutetaan ESD-suojaus. Staattisen sähkön rakenteesta ja perusteista kerrotaan seuraavassa luvussa.

Aineen atomit ovat neutraaleja, ellei niihin kohdistu ulkoisia vaikutuksia, kuten lämpöä, hankausta tai sähköistä rasitusta. Ytimen positiivisia varauksia ja elektronikuoren elektroneja on näin ollen yhtä paljon. Metallien johtavuus on niin suuri, että tasapainotilanne on voimassa jatkuvasti, eikä kovin merkittävää staattista sähkökenttää esiinny metallikappaleiden eri osien välillä. Hieman heikommin johtavilla materiaaleilla sen sijaan esimerkiksi kuumentamisen tai hankaamisen (synnyttää myös lämpöä) aiheuttama varausepätasapaino häviää hitaasti, ja aine voi luovuttaa tai tietyissä tilanteissa vastaanottaa elektroneja.

Staattisen sähkön yleisin syntytapa on kontaktivarautuminen. Kun kaksi erilaista materiaalia joutuu kosketuksiin, siirtyy rajapinnan yli varauksia (elektroneja ja ioneja), jotta materiaalit olisivat mahdollisimman termodynaamisessa tasapainossa. Sähkökemiallisten potentiaalienergioiden eroa vastaa tietty varausjakauman muutos. Jos materiaalit ovat huonosti sähköä johtavia, eivät varaukset ehdi palata takaisin, kun kappaleet irrotetaan nopeasti ja näin ne jäävät varatuiksi. [5.]



Kuva 3. *Ihmisestä tehdyn ESD-mallin sijaiskytkentä [6]*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ESD-pulssin kytkeytyminen elektroniikkalaitteeseen voidaan jakaa karkeasti seuraaviin mekanismeihin:

- suora purkaus elektroniseen piiriin tai komponenttiin
- suora purkaus laitteen koteloon
- epäsuora purkaus.

5.1.1 Suora purkaus elektroniseen piiriin tai komponenttiin

Suora sähköstaattinen purkaus elektroniseen komponenttiin elektroniikkaosien valmistuksen tai käsittelyn yhteydessä on eräs vakavimmista vaaratekijöistä ja suurimmista ongelmista komponentin luotettavuuden kannalta. Sen lisäksi, että purkaus voi aiheuttaa komponentin välittömän vikaantumisen, seurauksena saattaa olla myös piilevä vika, joka paljastuu vasta paljon myöhemmin, kun laite on jo käytössä. Komponentti- ja laitevalmistajat käyttävät nykyisin tiukkoja varotoimia ESD-purkausten torjumiseksi:

- henkilökunnan koulutus
- työskentelypaikkojen ja koneiden varautumisen estäminen
- valmistuksen aikana syntyneiden vikojen seuranta suojauspuutteiden havaitsemiseksi
- staattisten varausten purkamisen järjestäminen kokoonpano- ja huoltotehtävien yhteydessä.

Yleinen harhaluulo on, että elektroniset komponentit ovat suojassa staattisilta purkauksilta, kun ne on asennettu laitteeseen. Staattinen purkaus voi kuitenkin tavoittaa komponentin, joka on kytketty laitteen ulkoisiin liityntöihin. Myöskään ne komponentit, joita ei ole kytketty ulkoisiin liityntöihin, eivät ole täysin suojassa, sillä staattisen purkauksen aiheuttama ylijännite voi siirtyä laitteen sisällä johtimesta toiseen kapasitiivisesti. Vastaavasti purkausvirta aiheuttaa induktiivisesti virtoja lähellä olevissa johtimissa. [5.]

5.1.2 Suora purkaus laitteen koteloon

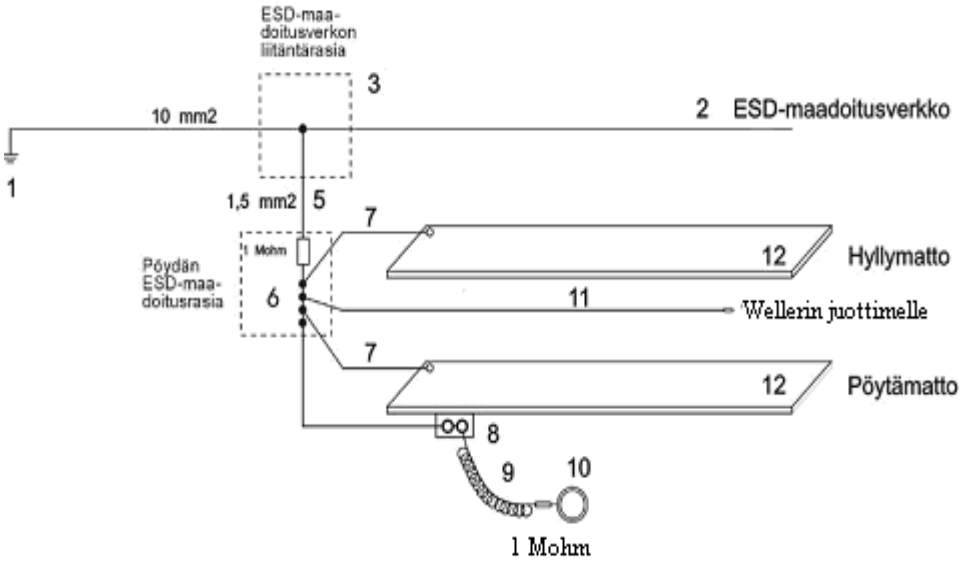
Suora ESD-purkaus laitteen ulkopuolisiin kosketeltaviin osiin on tavallisin ja helpoimmin ymmärrettävä tapaus. Varautunut henkilö tai esine koskettaa metallista kuorta. Useimmiten purkaus osuu laitteen runkoon, koteloon,

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

kytkimeen tai kahvaan. Laitteen kannalta vakavia tilanteita ovat purkauksen osuminen suojaamattomaan liittimeen, merkkivaloon tai kytkimeen. [5.]

5.1.3 Epäsuora purkaus

Epäsuora purkaus ei kohdistu suoraan laitteeseen. Jos laite on täysin muovikoteloitu, eikä siinä ole lainkaan kosketeltavia osia, kukaan ei voi aiheuttaa purkausta siihen. 70-luvun alussa, kun muovikotelot tulivat konttorikoneisiin ja tietokonepäätteisiin, uskottiin yleisesti, että sähköstaattisten purkausten aiheuttamasta ongelmasta päästäisiin eroon. On ilmennyt, että muovikoteloiduilla laitteilla saattaa olla ESD-ongelmia jopa enemmän kuin entisillä metallikotelollisilla. [5.]



***Kuva 4**. Työpöydän ESD-suojaus [6]*

Staattisesti varautunut henkilö koskettaa mitä tahansa metalliosaa aiheuttaen purkauksen. Purkauksen kohde voi olla jopa pöytä, jolla laite sijaitsee, jos pöytä on johtava. ESD-pulssi aiheuttaa voimakkaan sähkömagneettisen säteilypulssin, joka voi tunkeutua lähistöllä olevien muovikoteloitujen laitteiden sisään, koska muovikotelo ei suojaa laitteita millään tavalla. [5.]

5.2 ESD-suojaaminen korjaamotiloissa

Lähtökohtana on, että kaikki komponentteihin tai komponenttilevyihin välittömässä kosketuksessa olevat esineet ja pinnat ovat täysin

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

varauksettomia. Tämä edellyttää henkilöiden, laitteiden ja kaikkien työskentelypintojen maadoittamista sekä edistävien materiaalien, kuten tavallisten muovien, pitämistä poissa komponenttien lähettyvillä. Myös pukeutumiseen on kiinnitettävä huomiota. Herkkien komponenttien lähistöllä missään tilanteessa ei saa esiintyä yli 100 V:n staattisia jännitteitä.

Kuva 5. *ESD-lattia ja maadoituspiste*

Staattiselta sähköltä suojattu alue on merkittävä selvästi niin, että sen kaikki huomaavat selkeästi, eikä siellä saa liikkua asiaankuulumattomia henkilöitä. Muita kuin varsinaiseen työhön liittyviä toimia on vältettävä suojatulla alueella. Kosketeltavat pinnat eivät saa olla liian johtavia, ja maadoitukset on tehtävä suojavastuksen kautta. Suoja-alueella on oltava riittävä määrä erillisiä staattisen sähkön maadoituspisteitä henkilöiden, pöytäpinnoitteiden, juottimien jne. maadoittamista varten. ESD-maadoitus on johdotettava erillisellä maajohtimella sähkökeskuksesta, ja maadoituspisteet on merkittävä tarkoitukseen soveltuvalla merkinnällä.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Sähköpistorasioiden suojamaata ei saa käyttää. ESD-liittimet eivät missään tapauksessa saa sopia muihin sähkö- tai maaliityntöihin. Työskentelypintojen maadoitus on tehtävä suojavastuksen kautta suoraan ESD-maapisteeseen. ESD-maadoituksessa tulee välttää ketjutusta. Staattista sähköä johtava ranneke voidaan kuitenkin liittää hyvin maadoitettuun, riittävän johtavaan pöytämattoon. [7.]

Sähkölaitekorjaamon työpisteet ja työalue on vanhentunutta. Tämän seurauksena vanhat metalliset työskentelypöydät uusittiin Trestonin ESD-suojattuihin työpöytäratkaisuihin ja työskentelyalueen lattiaan tehdään ESD-suojaus, jonka tärkein ominaisuus on pinnan ja maan välinen staattisen sähkön johtavuus standardin määrittelemissä rajoissa.

6 KORJAAMON SÄHKÖKESKUKSET

6.1 Jakokeskukset

Jakokeskuksissa huomioitavaa on, että keskukset ovat erittäin vanhoja varokekeskuksia, joiden uusiminen toisi isot lisäkustannukset. Vanhat keskukset säilytetään, keskukset mitataan, aidataan ja keskusten sisällä olevat varokkeet numeroidaan ja merkitään sähkösuunnitelman mukaisesti niin, että ne täyttävät vaaditut standardit.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

***Kuva 6**. Ryhmäkeskus B21 ja vanha työpöytä*

Keskukset on voitava erottaa jännitteettömiksi erotuskytkimellä tai vastaavalla tavalla. Erotuskytkimen on yleensä sijaittava itse keskuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä. Pääkytkintä tai erotuskytkintä ei saa käyttää käyttökytkimenä, koska sitä ei ole koestettu tarpeeksi montaa kertaa. Jakokeskuksen pääkytkintä käytetään yleensä myös sähkölaitteiston pääkytkimenä, joskin kaikilla laitteilla on vielä omat pääkytkimensä.

Standardi SFS 6000-8-810 antaa ja määrittelee oman kohtansa jakokeskuksissa tehtävistä mittauksista ja tarkastuksista. Keskus ja sen johdotus, sekä sen sähköinen toiminta testataan ja keskukselle tehdään eristetesti, joka tietyissä tapauksissa voidaan korvata eristysresistanssin mittauksella. Keskuksen suojausmenetelmät ja suojamaadoituspiirien jatkuvuus tarkastetaan.

Sähkölaitekorjaamossa sijaitsevat jakokeskukset ovat nimellisvirraltaan yli 63A. Standardi SFS 6000-8-810.2.4 määrittelee tällöin hoitokäytävän mitat. Kun jakokeskuksessa oleva nimellisvirta on 63 A tai suurempi, on keskuksen edessä oltava täysin vapaa hoitokäytävä, leveydeltään vähintään 0,8 m ja korkeudeltaan vähintään 2,0 m. Tämä toteutetaan aitaamalla keskusten

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

edusta edellä mainituilla etäisyyksillä paksulla ruostumattomasta teräksestä valmistetulla putkiaidalla. [1, s. 415 - 418.]

6.2 Työpistekeskukset

Työpistekeskuksiin pätevät samat säännöt ja standardit kuin jakokeskuksiin. Työpistekeskukset sijaitsevat työpöytien päädyissä. Vanhoissa keskuksissa ei ole standardien vaatimia vikavirtasuojakytkimiä, ja niissä sijaitsevat pistorasiat ovat käytön kannalta huonossa paikassa. Keskuksista syötetään työpisteiden valaistusta omalla johdonsuojakatkaisijalla ja voimavirtapistorasiaa, jota varten keskuksessa on vikavirtasuojakytkimet ja johdonsuojakatkaisijat.

Kuva 7. *Työpistekeskus*

6.2.1 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisijaa eli automaattisulaketta käytetään sähköverkon suojaukseen. Katkaisijalla suojataan johdot, kaapelit ja laitteet. Johdonsuojakatkaisija katkaisee virtapiirin ylikuormitus- tai oikosulkutilanteessa ja estää näin suurempien vahinkojen tapahtumisen. Niitä käytetään myös suojaukseen eristevioista aiheutuvilta liian korkeilta kosketusjännitteiltä. Johdonsuojakatkaisija mittaa vaihejohtimen virtaa.

Taulukko 2. *Johdonsuojakatkaisijan toimintavirrat [8]*

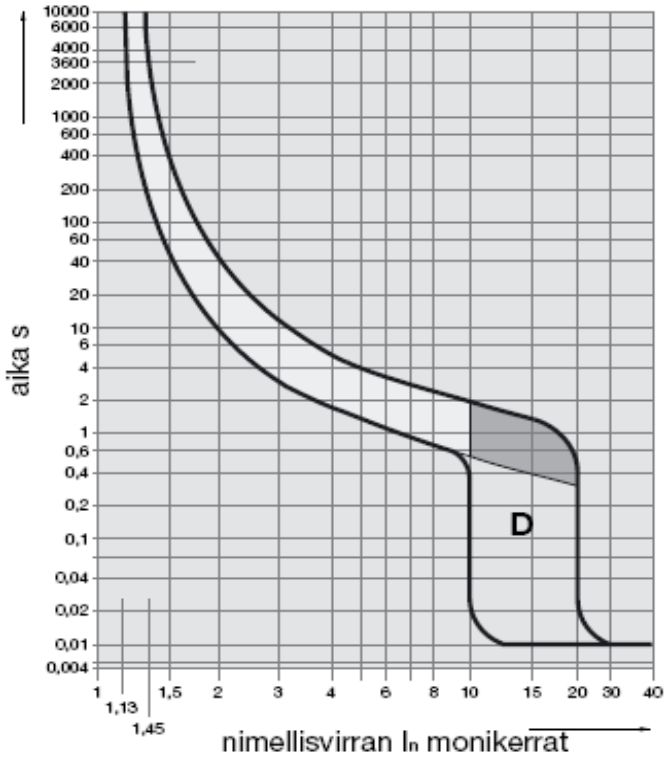
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis-virta A	B-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Johdonsuojakatkaisijat ovat virtaa rajoittavia, ja ne on varustettu magneettisella pikalaukaisulla sekä hidastetulla termisellä laukaisulla. Johdonsuojakatkaisijat luokitellaan useaan luokkaan niiden laukaisukäyrien perusteella. K, Z ja A ovat valmistajakohtaisia laukaisukäyriä.

- B-käyrä on tarkoitettu resistiivisille kuormille, lämmitykseen ja valaistukseen.
- C-käyrä on kuten B, mutta lisäksi se on tarkoitettu lievästi induktiivisille ja kapasitiivisille kuormille.
- D-käyrä on tarkoitettu voimakkaasti induktiivisille ja kapasitiivisille kuormille, jotka tarkoitettu sovelluksiin, joilla on suurempi käynnistysvirtapiikki, kuten moottorit ja vastaavat.
- K-laukaisukäyrä on kuten D ja sitä käytetään kaapeli- ja laitesuojaukseen, kuten moottorit, muuntajat, automaatio. Valitaan moottorin nimellisvirran perusteella. Magneettisella laukaisulla moottorin käynnistysvirta ei aiheuta laukaisua. Se on tarkoitettu voimakkaasti induktiivisille kuormille, moottoreille, muuntajille, purkaussuur-painenatriumlampuille, sähkötyökaluille ja hitsauskoneille.
- Z- ja A-laukaisukäyrä on tarkoitettu puolijohteiden, tyristoreiden, diodi sekä jännite- ja mittamuuntajien suojaukseen, kuin myös alhaisten kosketusvirtojen omaaviin ohjauspiireihin.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



Kuva 8. *D-käyrän omaavan johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrä [9]*

Johdonsuojakatkaisijan valintaan vaikuttavat nimellisvirta (0,2 - 125 A), katkaisukyky ja jännite. Nimellisjännite on normaalisti 400 VAC ja suurin sallittu käyttöjännite 440 VAC. Taulukossa 2 voidaan helposti lukea mittauksia tehdessä, mikä on tarvittavan johdonsuojakatkaisija tyypin pienin sallittu toimintavirta ja missä ajassa automaattisulakkeen pitää laueta, jotta se voidaan todeta ehjäksi ja toimivaksi. [9.]

6.2.2 Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojakytkimellä tarkoitetaan automaattisesti toimivaa suojalaitetta. Sen toiminta voi olla joko verkkojännitteestä riippumatonta tai siitä riippuvaista. Yleensä se ei tarvitse apujännitettä vaan laukaisee jousivoimalla. Vikavirtasuojaa käytetään vikatapauksissa esiintyvien liian korkeiden kosketusjännitteiden suojaukseen, sekä vaarallisia vuotovirtoja vastaan, se antaa myös hyvän suojan ihmisruumiin kautta kulkevaa maasulkua vastaan. Kytkin alkaa toimia, kun vikavirta ylittää nimellisarvonsa. Vikavirtasuojakytkin mittaa vaihe- ja nollajohtimen summavirtaa.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Kuva 9. *30 mA: n vikavirtasuojakytkin*

Vikavirtasuojakytkintä voidaan käyttää kaikissa maadoitetuissa verkoissa. Pienimmällä virralla, jolla kytkimen täytyy toimia, sanotaan vikavirraksi. Vikavirtasuojakytkin valvoo sähkölaitteeseen tulevan ja siitä poistuvan virran määrää. Niin kauan kuin nämä määrät ovat yhtä suuria, sähkövirta pääsee kulkemaan esteettä. Mikäli sähkövirrasta siirtyy osa vikavirtana maahan, havaitsee vikavirtasuojakytkin tällöin eron sisään tulevan ja poistuvan virtamäärän välillä. [10.]

Kuvasta olevasta vikavirtasuojakytkimen merkinnöistä huomataan vikavirtasuojakytkimen nimellistoimintavirta (25 A), vikavirtasuojaus (30 mA), syöttävän ryhmäkeskuksen tunnus (B21) ja keskuksessa sijaitsevan sulakkeen numero (R-17).

Pöydissä sijaitsevien pistorasioiden syöttö tulee pöydän työpistekeskukselta, mutta pöydissä olevien asennuskourujen takia vikavirtasuojakytkimet ja D-käyrällä toimivat johdonsuojakatkaisijat sijaitsevat aivan pistorasian vieressä. Ratkaisuun päädyttiin, koska myös työpisteissä on tarkoitus testata ja korjata erilaisia laitteita, kuten moottoreita ja induktioliesiä, joissa on korkea käynnistysvirtapiikki tai ne ovat voimakkaasti induktiivisia. Kuvasta 8 voidaan

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

nähdä D-käyräisen johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrä, ja miten ja milloin johdonsuojakatkaisija toimii.

Jos kokeiltavassa laitteessa on vika, se laukaisee joko vikavirtasuojakytkimen tai johdonsuojakatkaisijan. Tällöin pistorasia on helppo palauttaa nopeasti toimintakuntoon. Työpistekeskukset ovat suojausluokaltaan IP54. Tämä tarkoittaa sitä, että keskukset on suojattu pölyltä ja roiskuvalta vedeltä.

7 VALAISTUS

Valaistus koostuu luonnonvalosta (ikkunat), verkkovirralla toimivasta keinovalosta ja tarvittaessa esim. akkukäyttöisestä turvavalaistuksesta. Myös liian valon ja häikäisyn estäminen heijastimin, markiisein ja kaihtimin kuuluu valaistukseen. Hyvä valaistus auttaa yksityiskohtien erottamista, on taloudellinen ja edistää osaltaan työturvallisuutta ja viihtyvyyttä. Huono valaistus on epäviihtyisä, alentaa työteho ja aiheuttaa virheitä, joista osa voi johtaa tapaturmaan.

Kohtuulliset valaistusvoimakkuuserot parantavat valaistusvaikutelmaa. Liian suuret voimakkuuserot vaikeuttavat näkemistä varsinkin, jos joudutaan katsomaan vuoroin tummia ja vaaleita pintoja. Näkökohteen taustan ja lähiympäristön ei pitäisi olla itse kohdetta valoisampi. Täysin valkoisia työpöytiä tai -tasoja tulee välttää. Seinäpinnoissa valkoinen väri on eduksi; se heijastaa valosta jopa 90 %. Tällöin tarvitaan vähemmän valotehoa ja säästytään kuumuushaitoilta kesäaikana. [11.]

Korjaamotilan vanha valaistus oli työpisteiden osalta toteutettu valaisimilla, joissa oli vain yksi loisteputki. Päävalaistuksen osalta valaistus on kunnossa, ainoastaan osasta puuttui heijastinpelti (ks. kuva 10). Keskuslähtöjä ei ole merkattu, eikä 5-johtimisilla kaapeleilla ole kytkintä jonka avulla kaikki kolme vaihetta voitaisiin erottaa samanaikaisesti.

Päävalaistuksen keskuslähdöt, kytkennät ja johdotus säilytetään entisellään keskuksessa. Johdotukset tarkistetaan, mitattaan ja todettaan niiden olevan täysin toimintakuntoiset. Valaistuksen lähdöt ja johdotus merkataan niin, että tulevaisuudessa kenenkään ei tarvitse etsiä, mikä johto ja sulake/varoke

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

kuuluu millekin valaisinkiskolle. Päävalaistuksen valoista uusitaan ainoastaan ne, joista puuttuu heijastuspelti. Työpistekeskusten ja työpisteiden valaistus tarkistettiin, merkittiin ja lisättiin puuttuvia heijastuspeltejä. Heijastuspeltien puuttuminen aiheuttaa sen, että lampuista tuleva valo ei kokonaisuudessaan heijastu työskentelyalueelle, vaan se valaisee myös johtokourua ja kattoa. (ks. liite 8, valaistuksen tasopiirustus)

Kuva 10. *Vanha loisteputkivalaisin*

Valaistusta syötetään 5-johtimisella kaapelilla, josta eri vaiheet (L1, L2, L3) jaettiin valaisimille niin, etteivät valoille varatut sulakkeet pääse ylikuormittumaan. Valaisinryhmät, missä valaisimet jaetaan kolmivaihejärjestelmässä kolmelle vaihejohtimelle ja yhdelle nollajohtimelle, merkataan ja sijoitetaan siten, että kaikki vaihejohtimet voidaan erottaa samanaikaisesti. Kolmivaihejärjestelmän pääjännitteisiin kytkettävät ryhmäjohdot on varustettava yhdellä kaikki äärijohtimet erottavalla kytkimellä. [12, s. 30.]

7.1 Valaistusvoimakkuudet työskentelyalueilla

Taulukossa 3 olevat arvot ovat valaistusvoimakkuuden huoltoarvoja työalueella ja sen lähiympäristössä, jossa tarkastelutaso voi olla vaakasuora, pystysuora tai kalteva. Kunkin työtehtävän keskimääräinen

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

valaistusvoimakkuus ei saa alittaa liitteessä 1 annettua arvoa riippumatta valaistuksen kunnosta tai iästä. Arvot koskevat normaaleja näköolosuhteita. Niissä on otettu huomioon näkömukavuus ja hyvinvointi, näkötehtävälle asetetut vaatimukset, näköergonomia, käytännön kokemus, turvallisuus ja taloudellisuus. [13.]

Taulukko 3. *Työalueen välittömän läheisyyden valaistusvoimakkuudet [13]*

Työalueen valaistusvoimakkuus lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{työalue}}$
Tasaisuus: ≥ 0,7	Tasaisuus: ≥ 0,5

7.2 Valaistusvoimakkuuden mittaaminen

Sähkölaitekorjaamossa sijaitsevien työskentelypisteiden valaistusvoimakkuudet mitataan erillisellä Minoltan valaistusvoimakkuusmittarilla (Illuminance meter T-1). Standardi SFS-EN 12464-1 määrittelee eri tiloille pienimmät sallitut valaistusvoimakkuudet. Varsinaisesti standardista ei löydy sähkölaitekorjaamoa, mutta oletuksena on, että sähkölaitekorjaamon valaistusvoimakkuuden pitää olla yli 750 lx. Valaistusvoimakkuus mitataan kolmessa eri työpisteessä. Työpisteiden valaistusvoimakkuuden arvot vaihtelevat 900 – 1110 lx riippuen siitä, onko työpisteen pöydän päällä olevalla ylähyllyllä kiinteää tavaraa vai ei. Voidaan todeta siis, että kyseessä olevan sähkölaitekorjaamon työpisteiden valaistuvoimakkuus on täysin riittävä. [13.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

***Kuva 11**. Korjaamon valaistus*

Taulukosta 3 huomataan, että työpisteiden välittömässä läheisyydessä sijaitsevan työympäristön valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 500 lx. Valaistusvoimakkuusmittarilla mitataan lähialueiden valaistusvoimakkuus. Valaistusvoimakkuuden arvoiksi työpisteiden välittömässä läheisyydessä saadaan 640 - 720 lx, joten voidaan todeta, että lähiympäristön valaistusvoimakkuus on riittävä. [13.]

Valaisimena korjaamon tiloissa käytetään Glamoxin GIR HF 2 * 58 W elektronisella liitäntälaitteella (T8) varustettua valaisinta. Valaisimen päädyt ovat pinnoittamatonta aluzinkkiä ja heijastin glamoxoitua alumiinia, ja se on laajasäteilevä. Tämän lisäksi valaisin on IP23-suojattu ja niitä tulee korjaamoon 57 kappaletta. Valaisimen valonjakokäyrät löytyvät liitteestä 2. Lamppuna korjaamon valaisimina käytetään Bäron coolwhite 58 W/40.1 -loisteputkilamppua, joita korjaamon valaisimiin tulee yhteensä 114 kappaletta. Valaisimien asennuskorkeus on 5,5 metriä ja työpistevalaisimien asennuskorkeus on 4 metriä. [14.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

8 SÄHKÖLAITEKORJAAMON PISTORASIAT

Seiniin tulevien pistorasioiden lähdöt merkataan, johdotus tarkistetaan ja niiden välittömään läheisyyteen asennetaan D-käyrän omaavat johdonsuojakatkaisijat ja vikavirtasuojakytkin standardin SFS 6000-8-803.412 mukaan. Kaikki sähkölaitekorjaamoissa sijaitsevat pistorasiat, joiden nimellisvirta on enintään 32 A, tulee suojata enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimellä, ellei niitä ole liitetty SELV- tai PELV-järjestelmään, IT-järjestelmään tai suojaerotukseen. [1, s. 408.]

Sähköasennukset tulee varustaa riittävällä määrällä pistorasioita, jotta vältetään jatkojohtojen käyttöä. Pistorasioiden asennuksessa on otettava huomioon siirrettävien sähkölaitteiden käyttöpaikka. Normaaleissa pistorasiaryhmäjohdoissa käytetään 1,5 mm^2:n johtimen poikkipintaa 10 A:n ylivirtasuojalla suojatuissa piireissä ja 2,5 mm^2:n johtimen poikkipintaa 16 A:n ylivirtasuojalla suojatuissa piireissä. Isommissa kuten 32 A:n ylivirtasuojalla suojatuissa piireissä johtimen poikkipinta on 6 mm^2 ja 63 A:n ylivirtasuojalla suojatuissa piireissä johtimen poikkipinta on 10 mm^2. [15, s. 230.]

Kuva 12. *16 A:n voimapistorasia ja tarvittavat merkinnät*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Työskentelypaikalla olevat pistorasiat on merkittävä siten, että merkinnöistä selviävät tarvittavat tiedot (jännite, teho tai virta ja suojaustapa). Pistorasioiden määrä tarkistetaan ja niiden sijoittelua muutetaan vastaamaan suunnitelmia. Pistorasiat ovat IP44-suojausluokan pistorasioita. Pistorasioiden välittömään läheisyyteen asennetaan vikavirtasuojakytkimet, jotta laitteiden testauksessa tapahtuvat viat voidaan helposti ja nopeasti kuitata. Pistorasiat asennetaan minimissään 1 400 mm:n korkeuteen, paikasta ja käyttötarpeesta riippuen.

Standardien mukaisia viisikoskettimisia voidaan myös tarvittaessa käyttää vajaanapaisina. Esimerkiksi moottorissa voidaan nollajohto jättää kytkemättä. Jatkojohdot ja kiinteästi asennettavat pistorasiat on kuitenkin aina kytkettävä kaikki napaisesti. [15, s. 226 - 230.]

9 TESTAUSALUE

Testausalueen tehtävänä on toimia laitteiden pääsääntöisenä testauspaikkana. Sähköinen erotus on ensisijainen suojausmenetelmä laitteelle, jossa on puutteellinen kosketussuojaus. Jos koestuksen yhteydessä esiintyy jännitealueen 2 (≤1 000 VAC tai 1 500 VDC) ylittäviä jännitteitä, testauspaikka tulee erottaa muusta tilasta joko pysyvästi tai tilapäisesti. Kyseisessä korjaamossa erottaminen tapahtuu tilapäisesti. Tilapäisessä erottamisessa testauspaikka erotetaan muusta tilasta aidalla, puomilla, erityisaineisella kelta-mustalla ketjulla tai vastaavalla tavalla. Testauspaikan työskentelyalueen on oltava sellainen, että testaushenkilöiden liikkuminen on esteetöntä ja vaivatonta.

Testauspaikan tulee sijaita niin, että koestettava laite on eristettävä vähintään 1,25 m sivusuunnassa lähimpään maahan johtavaan rakenteeseen, jotta vältetään tahaton sähköisku. Testauspaikalla tulee olla riittävästi sähkötapaturman ensiaputauluja ja hätänumero. Lisäksi testauspaikan valaistus tulee olla riittävä työn turvallisen suorittamisen takia.

Testattavan piirin jännitelähde tulee varustaa nopeasti toimivalla ylivirtasuojalla, joka toimii, kun normaaliarvossa oleva koejännite suljetaan vähintään 3 kΩ:n vastuksella. Tilapäisesti erotetulla koepaikalla on oltava

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

vähintään kaksi punaista merkkivaloa, jotka varoittavat vaarallisesta jännitteestä ja kieltävät pääsyn tilaan kokeen aikana. [1, s. 409 - 410.]

Kuva 13. *Testausalue ja testauspöytä*

9.1 Sähköinen erotus

Sähköisen erotuksen suojausvaikutus perustuu siihen, että sähköverkon osa tehdään suojaerotusmuuntajan avulla maasta erotetuksi verkoksi. Tällöin vikavirtapiirin muodostuminen käyttömaadoitusten kautta estyy. Suojausmenetelmän toiminta edellyttää, että muuntajan ensiö- ja toisiopuolen virtapiirit ovat galvaanisesti toisistaan erillään ja toisiopiirissä ei synny maasulkua.

Erotetussa virtapiirissä on yleensä vain yksi laite. Useamman laitteen liittämistä on käsitelty standardin kohdassa SFS 6000- 41C.3. Suojaerotus antaa hyvän suojaustason ja sitä käytetään vaikeissa käyttöolosuhteissa, kuten ahtaissa, johtavaseinäisissä tiloissa ja mm. sähköalan opetuslaboratorioissa.

Sähköisen erotuksen suojavaikutus perustuu siihen, että sähkölaitetta syöttävä piiri erotetaan suojaerotusmuuntajalla syöttävästä verkosta eikä toisiovirtapiiriä maadoiteta. Näin voidaan estää vian aikaisen

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

kosketusjännitteen esiintyminen toisiopiirin jännitteelle alttiissa osissa. Sähköisessä erotuksessa on tärkeää, että ensiöpiiristä ei voi siirtyä jännitettä galvaanisesti muuntajan toisioon eikä toisiopiirissä synny maasulkua. Sähköisen erotuksen avulla saadaan erittäin hyvä suojaustaso. Menetelmää käytetään sen takia vaikeissa käyttöolosuhteissa esim. ahtaissa johtavissa tiloissa, märissä tiloissa, joissa käytetään työkaluja, sekä turvasyöttö- ja varavoimajärjestelmissä. Sähköistä erotusta saa käyttää kaikissa tiloissa. [12.]

Alla oleva testauspöytä on varustettu suojaerotusmuuntajalla, jonka seurauksena pöytään voidaan liittää myös suojausluokan 0 laite (peruseristetty). Luokan 0 sähkölaitteissa ei ole lisäsuojausta vikatapausten varalta, vaan laitteen eristys on peruseristyksen varassa. Testauspöytä on varustettu vikavirtasuojauksella ja kosketusjännitesuojauksella, joka tunnetaan tällä hetkellä vikasuojauksena. Pöytään voidaan liittää maksimissaan nimellisvirraltaan 63 A:n laite. Pöydästä saadaan ulos kolmea erilaista jännitettä (230 V, 400 V ja 440 V). 440 V on tarkoitettu marine-laitteille eli laitteille, joita käytetään merellä.

Kuva 14. *Testauspöytä*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Kyseessä olevassa sähkölaitekorjaamossa testauspöydän kosketusjännitesuojauksena käytetään suojaerotusmuuntajaa. Sähköinen erotukseen saa liittää pääsääntöisesti yhden testattavan laitteen kerrallaan. Suojaerotusmuuntaja varustetaan oikosulkusuojauksella ja poiskytkevällä tai hälyttävällä ylikuormitussuojauksella. Sähköiseen erotukseen käytettävä muuntaja tulee olla standardin SFS-EN 60742 mukainen tai vastaava. [1, s. 408.]

9.2 Testauslaite

Sähkölaitekorjaamoon hankitaan koneturvallisuustesteri (Profitest 204), jonka avulla korjattavat laitteet voidaan mitata ja todeta täysin turvallisiksi. Testerillä voidaan mitata korjattavien laitteiden eristysvastus, jännitelujuus, suojajohtimen jatkuvuus, jäännösjännite ja vuotovirta. Jännitekokeessa testattavaan laitteeseen syötetään muuntajan avulla 2,5 kV, jotta nähdään täyttääkö laite standardien vaatimat kohdat.

Testauslaitetta ei saa käyttää, jos havaitaan vaaran aiheuttavia merkkejä vioista ja vaurioista. Kuvasta huomataan, että testeristä voi myös tulostaa pienen tuloskaavakkeen. Dokumentteja tarvitaan, kun halutaan selvittää, mikä mahdollisesti on rikkonut laitteen ja onko laite todellisuudessa ollut täysin kunnossa, kun se on lähtenyt huollosta eteenpäin. [16.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

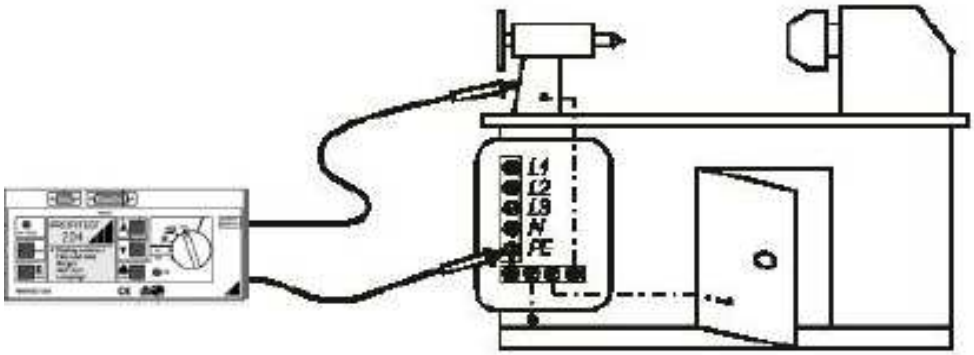
Kuva 15. *Koneturvallisuustesteri Profitest 204 [16]*

9.3 Testausalueella korjattaville laitteille suoritettavat testaukset

9.3.1 Suojamaadoituspiirin jatkuvuus

Suojajohdon jatkuvuus mitataan liittämällä mittalaitteen toinen mittapää syötön PE:hen ja käymällä läpi kaikki suojajohtimella yhdistetyt kohteet laitteesta. Laitteessa mitataan vastus 10 A:n vakiovirralla. Raja-arvo riippuu siitä, mikä on johtimen poikkipinta-ala. Mittaus tehdään jännitteettömässä laitteessa. Hyväksyttävässä mittauksessa ei ole tarkkaa raja-arvoa. Resistanssi arvo saa yleensä olla noin 1 Ω. [16.]

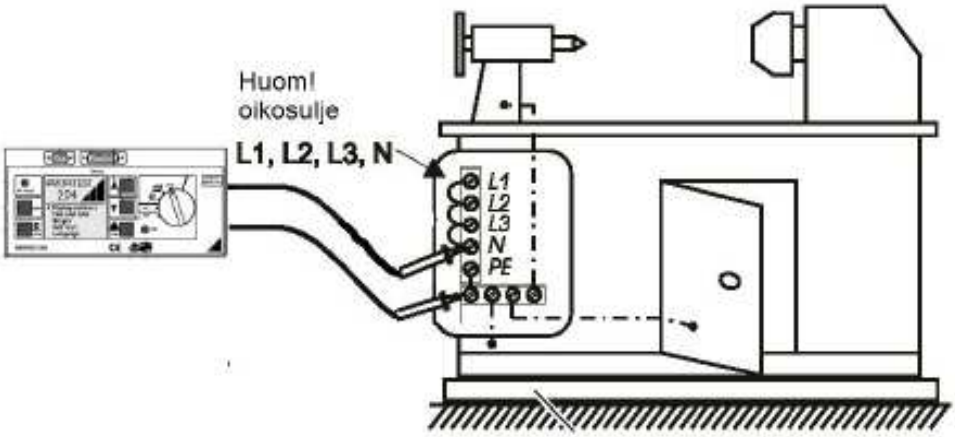
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



Kuva 16. *Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen [16]*

9.3.2 Eristysresistanssi

Eristysvastus mitataan PE:n ja oikosuljettujen vaiheiden ja nollan väliltä. Testijännitteenä käytettään 1 000 V (DC). Saadun tuloksen pitää ylittää raja-arvo 1 MΩ. Mittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Kulutuskojeiden ei tarvitse olla mittauksen aikana kytkettyinä verkkoon. [16.]

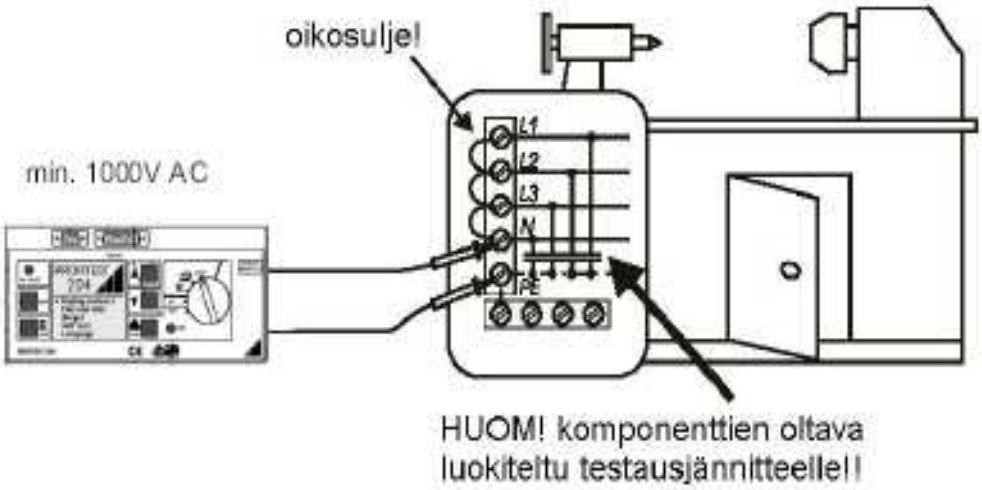


Kuva 17. *Eristysresistanssin mittaaminen [16]*

9.3.3 Jännitekoe

Jännitekoe suoritetaan kaksinkertaisella nimellisjännitteellä, mutta kuitenkin niin, että jännite on minimissään 1 000 V (AC). Mittaus tehdään oikosuljettujen vaiheiden ja nollan, sekä PE:n välillä. Laitteesta on kytkettävä irti ne komponentit ja osat, joita ei ole luokiteltu testausjännitteelle, sillä komponentit saattavat rikkoutua jännitetestissä. [16.]

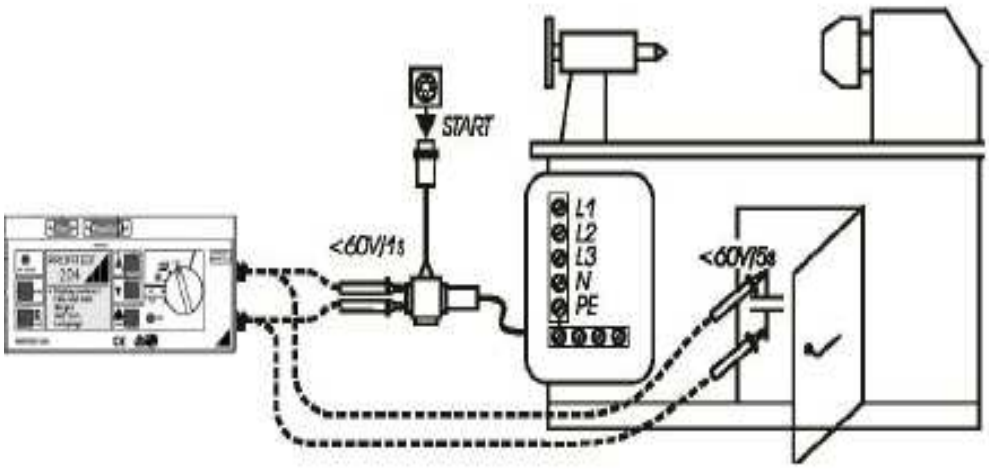
This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



***Kuva 18**. Jännitekoe [16]*

9.3.4 Suojaus varausjännitteiltä eli jäännösjännite

Jäännösjännitemittauksella tarkistetaan, että laitteen jännite laskee alle kosketusjännitteen (50 V) syötön katkaisemisen jälkeen. Päävirtapiirissä jännitteen täytyy laskea rajan alle 1 sekunnissa ja muissa kohteissa 5 sekunnissa. [16.]



***Kuva 19.** Jäännösjännitteen mittaus [16]*

10 KORJAAMON SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Sähköturvallisuuslain mukaan kaikille sähköasennuksille on sähkölaitteiston rakentajan tehtävä käyttöönottotarkastus ennen asennusten luovuttamista kohteen haltijalle käyttöä varten. Käyttöönottotarkastus on aina tehtävä

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

pienimällekin sähköasennukselle, eikä tähän vaatimukseen ole olemassa poikkeuksia. Käyttöönottotarkastus on pakollinen kaikille sähköasennuksille, eikä tarkastusta voi teettää ulkopuolisella taholla, vaan tarkastus on aina asennuksen tehneen urakoitsijan vastuulla.

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa on tarkastettava, että laitteisto on määräysten mukainen ja siten turvallinen. Sähkölaitekorjaamoiden korjaus- ja testauspaikoille on suoritettava normaalien sähköasennusten käyttöönottotarkastusten, sekä huoltoon ja kunnossapitoon liittyvien tarkastusten lisäksi määrävälein tarkastuksia ja testauksia, joiden avulla varmistetaan suojausten toimivuus.

Tarvittavia tarkastuksia ovat silmämääräinen ja toiminnallinen tarkastus, sekä erilaiset mittaukset. Laitteiston käyttöönottotarkastuksen tekee laitteiston rakentaja. Laitteiston rakentaja tarkastaa mittaamalla, että laitteisto on standardien mukainen. Rakentaja toimittaa kohteeseen kopiot virallisista mittauspöytäkirjoista, joista selviää riittävät tiedot ja tulokset kohteesta (ks. liite 6, ryhmäkeskuksen B21 pääkaavio). [15, s. 282 - 283.]

10.1 Silmämääräiset tarkastukset

Sähkölaitteiston silmämääräinen tarkistaminen tehdään jännitteettömänä ennen laitteiston käyttöönottoa. Sähköiskulta suojautuminen vaatii, että laitteiston kosketussuojaus on kunnossa. Koteloiden ja laitteiden kuorien on oltava ehjiä ja johtojen eristykset kunnossa. Johtojen kuormitukset tarkastetaan katsomalla, että asennuksissa on käytetty suunnitelmien mukaisia johdon poikkipinta-aloja ja asennustapoja.

Keskuksissa varmistetaan, sinne asennetut suojalaitteet ovat tehtyjen suunnitelmien mukaiset. Keskuksista varmistetaan, että siellä on sinne kuuluvat ja tarvittavat erotus- ja käyttökytkimet. Silmämääräisesti tarkastetaan myös johtimien tunnusvärit ja se, että kytkentätiloissa ovat tarvittavat merkinnät. Keskuksessa on oltava riittävät merkinnät suojalaitteiden ja virtapiirien tunnistamiseen.

Sähköasennuksissa pitää yleensä olla vähintään jakokeskuksen pääkaavio ja tasopiirustus sekä maadoituskaavio. Asennuksessa on oltava selkeästi

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

näkyvissä varoituskilvet ja merkinnät. Asennusvaiheessa on huomioitava, että laitteistojen käyttö- ja huoltotoimenpiteille jää tarpeeksi tilaa. [15, s. 283 - 286.]

10.2 Mittaukset ja toiminnalliset kokeet

Tarkastuksesta tehdään kirjallinen dokumentointi, josta selviää kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston määräysten mukaisuudesta, käytetyistä tarkastusmenetelmistä ja tulokset. Seuraavassa kohdassa käydään läpi mittaukset ja ne kokeet, jotka standardi määrittelee laitteille tehtäväksi ennen niiden käyttöönottoa.

10.2.1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen

Mittaus suoritetaan asennustesterillä esim. COMBITEST 2019. Mittauksella varmistetaan, että suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia ja liitokset on tehty kunnolla päämaadoituskiskoon asti. Testaus tehdään jännitteettömässä laitteistossa. Mittauksen tarkoituksena on varmistua, että kosketussuojaus toimii heti, kun jännite kytketään laitteistoon. Siinä varmistutaan myös siitä, että N- ja PE-johtimet eivät ole vaihtaneet paikkaa keskenään.

Jatkuvuus mittauksessa mitataan jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välisen suojajohtimen resistanssi. Se tehdään laitekohtaisesti. Testin tulosta pidetään tyydyttävänä, jos testaukseen käytetty laite antaa riittävän hyvän lukeman. Hyväksyttävälle mittaustulokselle ei siis ole annettu mitään tarkkaa raja-arvoa. Mittaustulosta tulee verrata mitattavan johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioitavissa olevaan arvoon. Tämä yleensä on enintään n. 1 Ω. Pitkillä suojajohtimilla arvo voi olla suurempikin. Standardissa suositellaan käytettäväksi 4 - 24 V jännitettä ja 0,2 A:n virtaa. Mittauksen tulee kattaa kaikki asennuksen maadoitus- ja suojamaadoitusjohtimet. [15, s. 286 - 288.]

10.2.2 Eristysresistanssi

Eristysresistanssimittasuksella varmistetaan, että laitteiston jännitteiset osat (vaiheet ja nolla) ovat riittävän eristettyjä maasta. Mittaus suoritetaan

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

eristysresistanssimittarilla jännitteettömässä asennuksessa. Mittaus suoritetaan kytkemällä vaihejohtimet L1, L2 ja L3 sekä nollajohdin N yhteen ja mitataan tämän kokonaisuuden eristysresistanssi suojajohtimeen PE nähden. Eristysresistanssimittaus tulisi tehdä ennen muita mittauksia, jotta esimerkiksi jatkuvuusmittauksia tehtäessä on selvillä, ettei nolla- ja suojajohtimia ole kytkettynä yhteen missään asennuksen osassa. Mittaus pitää suorittaa siten, että asennus on erotettu syötöstä eli jännitteettömässä asennuksessa. Mittauksen aikana äärijohtimet saa kytkeä yhteen. Kulutuskojeiden ei tarvitse olla mittauksen aikana kytkettynä verkkoon.

Koska kyseessä oleva sähkölaitekorjaamo on kuitenkin kohtalaisen pieni, riittää, että sähköasennusten eristysresistanssi mitataan kertaalleen kaikissa viidessä ryhmäkeskuksessa. Eristysresistanssin ollessa sallittua arvoa suurempi voidaan todeta, että laitteistojen eristysresistanssissa ei ole mitään vikaa. [15, s. 288 - 289.]

10.2.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisessa poiskytkennässä pyritään vikatilanteessa siihen, että vikaantunut virtapiiri kytketään pois niin nopeasti, ettei siitä aiheudu vaaraa. Syötön automaattinen poiskytkentä vaaditaan, koska vian sattuessa kosketusjännitteen suuruudesta ja kestoajasta johtuen on mahdollista, että henkilöön kohdistuu haitallisia fysiologisia vaikutuksia. Vian aikana esiintyvää kosketusjännitettä pyritään rajoittamaan yhdistämällä sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja muut tilan johtavat osat tosiinsa potentiaalintasauksen avulla. [6, s. 294.]

10.2.4 Vikavirtasuojankytkimen toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta testataan ensin painamalla siinä olevaa testinappia. Virtamittarilla testataan, ettei laitteiston toimintavirta ylitä vikavirtasuojakytkimessä olevaa nimellistoimintavirtaa. Viimeisenä mitataan vikavirtasuojakytkimen toiminta-aika nousevalla vikavirralla. Mittaustapoja on useita, mutta käytännössä kaikissa asennusmittareissa on ohjeistus ja valmis toiminto kyseiseen mittaukseen. [15, s. 298.]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

10.3 Tarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan on määriteltävä tarpeeksi tarkasti tarkastetun laitteiston yksilöivät tiedot ja laitteiston rakentajan yhteystiedot. Pelkkä kohteen nimi tai urakoitsija nimi ei ole riittävä, koska ne eivät yksilöi kohdetta tai rakentajaa riittävän yksiselitteisesti. Tarkastuksen tuloksista on kerrottava tiedot testatuista piireistä ja testaustuloksista. Pöytäkirjassa on todettava, täyttääkö asennus standardien ja säännösten vaatimat asetukset. Lähtökohtana on se, että tarkastukset tehdään keskuskohtaisesti. Tarvittavat mittaukset esitetään edellisessä kappaleessa (ks. liite 10, ryhmäkeskuksen B21 käyttöönottotarkastuspöytäkirja).

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan tulee merkitä tieto huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta ja tieto seuraavan lakisääteisen määräaikaistarkastuksen ajankohdasta. Tarkastuksen tekijän tulee allekirjoittaa tai muuten vahvistaa tarkastuspöytäkirja. Kaikki tarkastuspöytäkirjat tulee olla luovutettavissa erikseen tilaajalle. Henkilön, joka vastaa asennuksen turvallisuudesta, rakentamisesta ja tarkastamisesta, on luovutettava tilaajalle pöytäkirja, joka kattaa henkilön toiminta-alueen. Jos tarkastuksessa havaitaan puutteita, ne pitää korjata ennen kuin laitteistoa voidaan pitää standardinmukaisena. Näin ollen kohdetta luovutettaessa tarkastuspöytäkirjassa ei voi olla merkintöjä asennuksen puutteista ja vioista. [12, s. 34 - 35]

11 TULOKSET

Sähkölaitekorjaamon suunnitelma onnistui hyvin, siltä osin kun korjaamon sähköistys on valmistunut. Tehdyt ratkaisut ovat osoittautuneet toimiviksi. Korjaamon tiloista luotiin suunnitelmat, joiden perusteella sähköistys lähdettiin toteuttamaan. Suunnitelmia ja piirustuksia jouduttiin muokkaamaan työ edetessä. Lisäksi kaikkia suunnitelmissa luotuja ratkaisuja ei voitu toteuttaa, koska se olisi vaatinut korjaamotilan tekemistä jännitteettömäksi ja näin ollen korjaajien työskentelyn keskeyttämistä.

Sähkölaitekorjaamon sähköistys oli tarkoitus toteuttaa niin, että jokainen keskus ohjaa omaa aluettaan. Osittain tässä onnistuttiinkin, mutta valaistus tuotti oman ongelmansa. Valaistus jätettiinkin niin, että keskusta ohjaa se

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

keskus, joka sitä ohjasi jo ennen suunnitelmia. Ainoastaan keskuksen lähdöt ja ryhmät merkattiin suunnitelmia vastaavaksi. Lisäksi standardeissa vaaditut vikavirtasuojakytkimet saatiin asennettua. Yleisarvosanaltaan sähkölaitekorjaamosta, niiltä osin kun on valmistunut, tuli selkeä ja sähköistykseltään huomattavasti paljon selkeämpi kokonaisuus.

Liitteenä löytyy ryhmäkeskuksen B21-pääkaavio, tasopiirustus ja valaistuksen tasopiirustus. Nämä piirustukset ovat ainoat, jotka tämän insinöörityön tekovaiheessa saatiin valmiiksi. Loput piirustukset toteutetaan yritykselle, sitä mukaa, kun sähköistys valmistuu koko sähkölaitekorjaamon alueella.

12 YHTEENVETO

Tämän työn ansiosta saatiin tarkka kuva siitä, miten sähkölaitekorjaamon sähköistys voidaan esimerkiksi toteuttaa, jotta korjaamon sähköistys saadaan standardien mukaiseksi ja myös helposti huollettavaksi ja käytettäväksi. Työn tarkoituksena oli luoda yritykselle dokumentaatio, jota apuna käyttäen yritys voi saattaa muutkin huoltopisteet sähköistykseltään samalle tasolle kuin keskushuolto.

Tehdyt sähkösuunnitelmat onnistuivat kohtalaisen hyvin. Suunnitelmia muutettiin koko ajan työn edetessä ja lopulta ne saatiin siihen malliin, että sähköistys voitiin toteuttaa mahdollisimman helposti ja käytännön mukaisesti. Töiden nopeampi eteneminen voisi nopeuttaa ja selkeyttää suunnitelmaa, sillä jos korjaamon sähköistystä rakennetaan melkein vuosi, niin osa suunnitelluista asioista unohtuu ja osa joudutaan suunnittelemaan uudestaan.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

LÄHTEET

[1] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, *SFS- käsikirja 144.* 3.painos. Helsinki: SFS. 2005.

[2] Gallia, *Sähköturvallisuus* [verkkodokumentti]. Syksy 2007 [viitattu 23.3.2008]. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/HonHar/ma/ST_PPT1_S2007.pdf.

[3] Sähkötekniikka- ja terveyslaboratorio, *Sähköturvallisuus* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 28.3.2008]. Saatavissa: http://www.e-leeh.org/svtopus/teksti/luku7.html.

[4] Eagledata, *IP- luokitusjärjestelmä* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 23.3.2008]. Saatavissa: http://www.eagledata.fi/suojausluokitus.htm.

[5] Alajoki, Mikko – Smolander, Salla, *ESD* [verkkodokumentti]. 7.12.2001 [viitattu23.2.2008]. Saatavissa: http://www.tkk.fi/Yksikot/Elektroniikka/

[6] Testware, *Olosuhdetestaus ja ESD- suojaus* [verkkodokumentti]. 5.3.2008 [viitattu 16.3.2008]. Saatavissa: http://www.testware.fi.

[7] Ekberg, Aarne - Konttinen, Arto - Korpipää, Ari - Mattila, Reijo, *Staattiselta sähköltä suojaaminen* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 18.3.2008]. Saatavissa: http://elektroniikka.turkuamk.fi.

[8] Viitanen, Juha-Pekka, *Sähköisten järjestelmien suunnittelu toimistorakennuksen kunnostamishankkeessa*. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Tampere. 2006.

[9] Hager, *Johdonsuojakatkaisijat* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 16.3.2008]. Saatavissa: http://www.utupowel.fi.

[10] AMK, *Ylivirtasuojaus* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 5.3.2008].Saatavissa: https://www.amk.fi/channels/www/dokumentit_oy/030503/

[11] Työsuojelupiirit, *Valaistus* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 16.3.2008]. Saatavissa: http://www.tyosuojelu.fi/fi/valaistus/

[12] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, *SFS 6000 muutokset 2007*. Helsinki: SFS. 2007.

[13] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, *SFS-EN 12464-1*. Helsinki: SFS. 2003.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

[14] Glamox, *GIR T8 tuotetiedot* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 20.3.2008]. Saatavissa: http://www.glamox.fi.

[15] Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry, *Rakennusten sähköasennukset D1-2002*. Espoo. 2002.

[16] Kontram Oy, *Profitest 204 mittausohjeita* [verkkodokumentti]. ”Julkaisuaika tuntematon” [viitattu 20.3.2008]. Saatavissa: http://www.kontram.fi.

[17] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, *SFS-EN 50191*. Helsinki: SFS. 2000.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

LIITELUETTELO

LIITE 1	Valaistuvoimakkuuden minimivaatimukset
LIITE 2	Kuvia
LIITE 3	Kuvia
LIITE 4	Esimerkki testauspaikan järjestelyistä
LIITE 5	ESD-lattian toteutussuunnitelma
LIITE 6	Ryhmäkeskuksen B21 pääkaavio
LIITE 7	Ryhmäkeskuksen B21 pistorasioiden tasopiirustus
LIITE 8	Valaistuksen tasopiirustus
LIITE 9	Vikavirtasuojakytkimien tarkastuspöytäkirja
LIITE 10	Ryhmäkeskuksen B21 käyttöönottotarkastuspöytäkirja.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

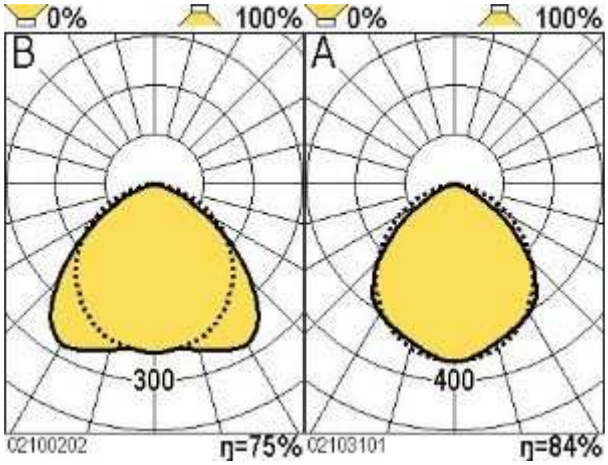
Taulukko 5.2 Teollisuus ja käsityö (jatkoa)

2.6	Sähköteollisuus				
Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L -	R_a -	Huomautukset
2.6.1	Kaapelien ja johtimien valmistus	300	25	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
2.6.2	Käämintä:				
	— suuret kelat	300	25	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
	— keskikokoiset kelat	500	22	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
	— pienet kelat	750	19	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
2.6.3	Kelojen kyllästäminen	300	25	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
2.6.4	Galvanointi	300	25	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
2.6.5	Kokoonpanotyö:				
	— karkea, esim. suuret muuntajat	300	25	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
	— tavanomainen, esim. jakokeskukset	500	22	80	Korkeat tilat: ks. 4.6.2.
	— hieno, esim. puhelimet	750	19	80	
	— tarkka, esim. mittauslaitteet	1000	16	80	
2.6.6	Elektroniikkapajat, testaus, säätö	1500	16	80	
2.7	**Elintarvike- ja nautintoaineteollisuus**				
Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L -	R_a -	Huomautukset
2.7.1	Työpaikat ja -alueet seuraavissa:	200	25	80	
	— panimot, mallastamot				
	— pesu, astioiden täyttö, puhdistus, seulonta, kuorinta				
	— keittäminen umpiossa ja suklaatehtaat				
	— sokeritehtaat				
	— raakatupakan kuivaus, käyminen, käymiskellari				
2.7.2	Tuotteiden lajittelu ja pesu, jauhaminen, sekoitus ja pakkaaminen	300	25	80	
2.7.3	Kriittiset työpaikat ja -alueet teurastamoissa, meijereissä, sokeritehtaiden suodatustiloissa	500	25	80	
2.7.4	Hedelmien ja vihannesten lajittelu ja viipalointi	300	25	80	
2.7.5	Herkkujen valmistus, keittiöt, sikarien ja savukkeiden valmistus	500	22	80	
2.7.6	Lasien ja pullojen tarkastus, tuotevalvonta, viimeistely, lajittelu, koristelu	500	22	80	
2.7.7	Laboratoriot	500	19	80	
2.7.8	Värintarkastus	1000	16	80	$T_{CP} \geq 4000$ K.

Kuva 1. *Valaistusvoimakkuuden minimivaatimukset [13]*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Kuva 1. *Glamox GIR T8 HF 2*58 W valaisin [14]*



Kuva 2. *Valaisimen valonjakokäyrät[14]*

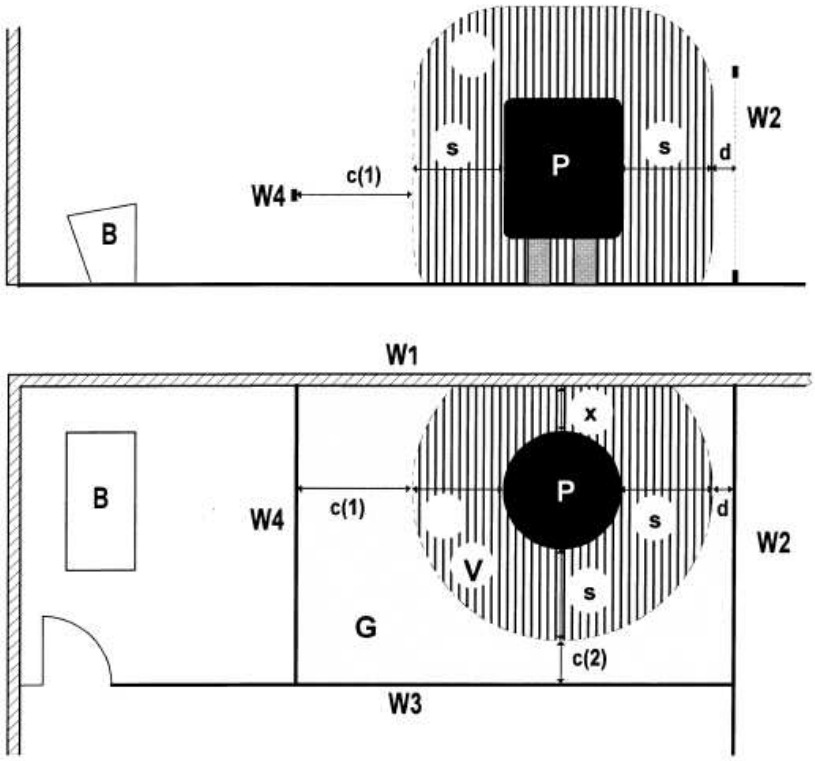
Kuva 4*. Varoituskyltti*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Kuva 1. *Aidattu korjaamoalue ja tarvittava varoituskyltti*

Kuva 2. *Varoitus rengassyötöstä*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



P	Testauskohde, tässä jännitteisen kohteen ympärillä
V	Kielletty alue
G	Testausalue
B	Käyttöpöytä
W	Esteet, erottavat testausalueen:
W1	Kiinteä seinä, korkeus = sisäkorkeus
W2	Verkkoaita, korkeus 2400 mm
W3	Verkkoaita, korkeus 1800 mm
W4	Suojus, rakenteeltaan puomi, ketju tai köysi, korkeus 1000 mm
s	Taulukon A.2 mukainen etäisyys
c	Taulukon A.3 mukainen vaakasuora etäisyys
d	Taulukon A.4 mukainen etäisyys
x	Etäisyys > ylilyöntietäisyys (= *s*/2)

Numeerinen esimerkki

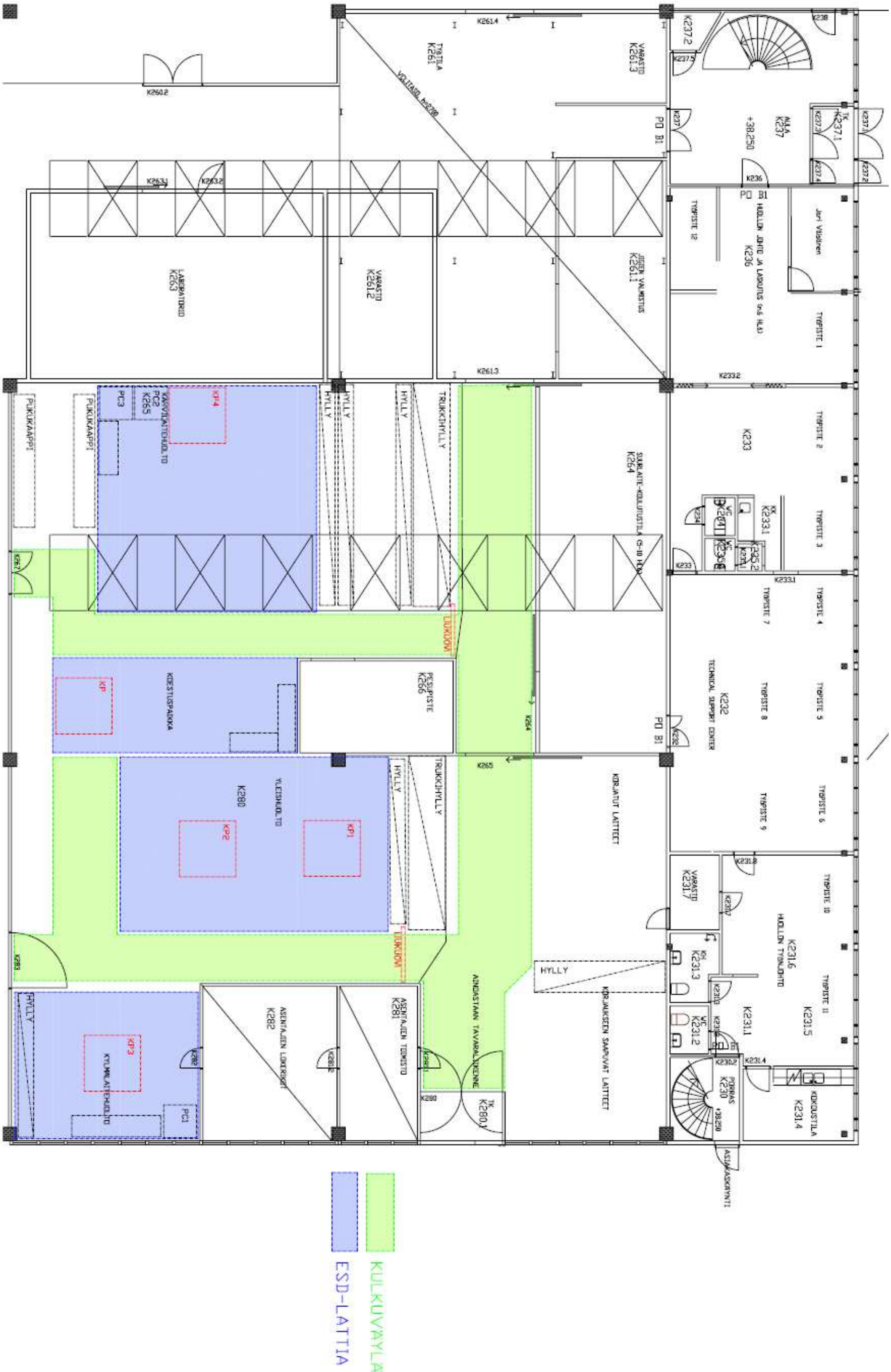
Etäisyys vaihtosähkötestausjännitteellä 50 Hz, maata vastaan 190 kV

s = 1100 mm, *c*(1) = 1400 mm, *c*(2) = 600 mm, verkon silmä 40 mm, *d* = 200 mm, *x* = esim. 600 mm

Kuva B.1 Kielletty alue ja testausalue testauslaboratoriossa

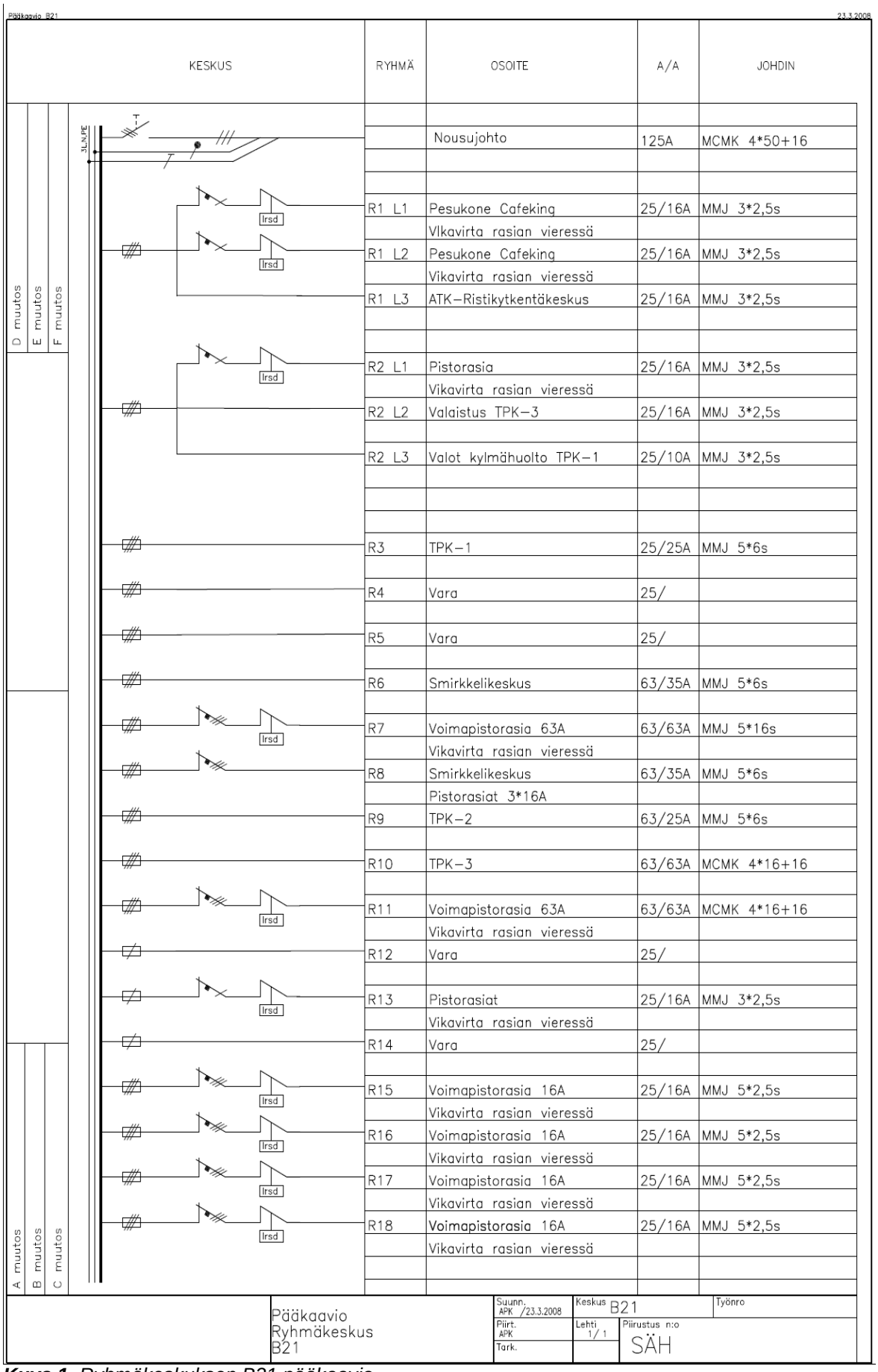
Kuva 1. *Esimerkki testauspaikan järjestelystä [17]*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



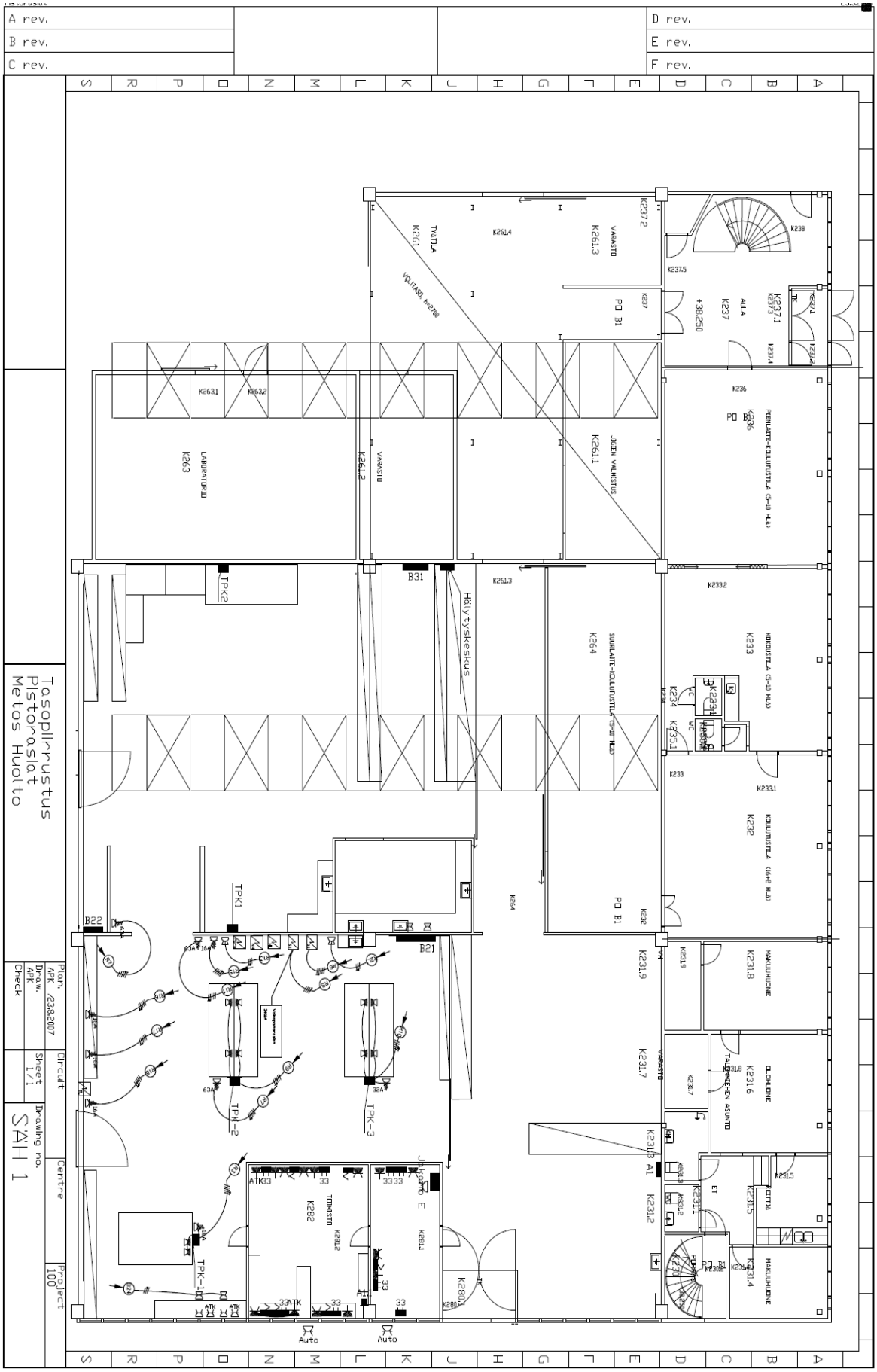
Kuva 1. *ESD-suojauksen toteutussuunnitelma*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



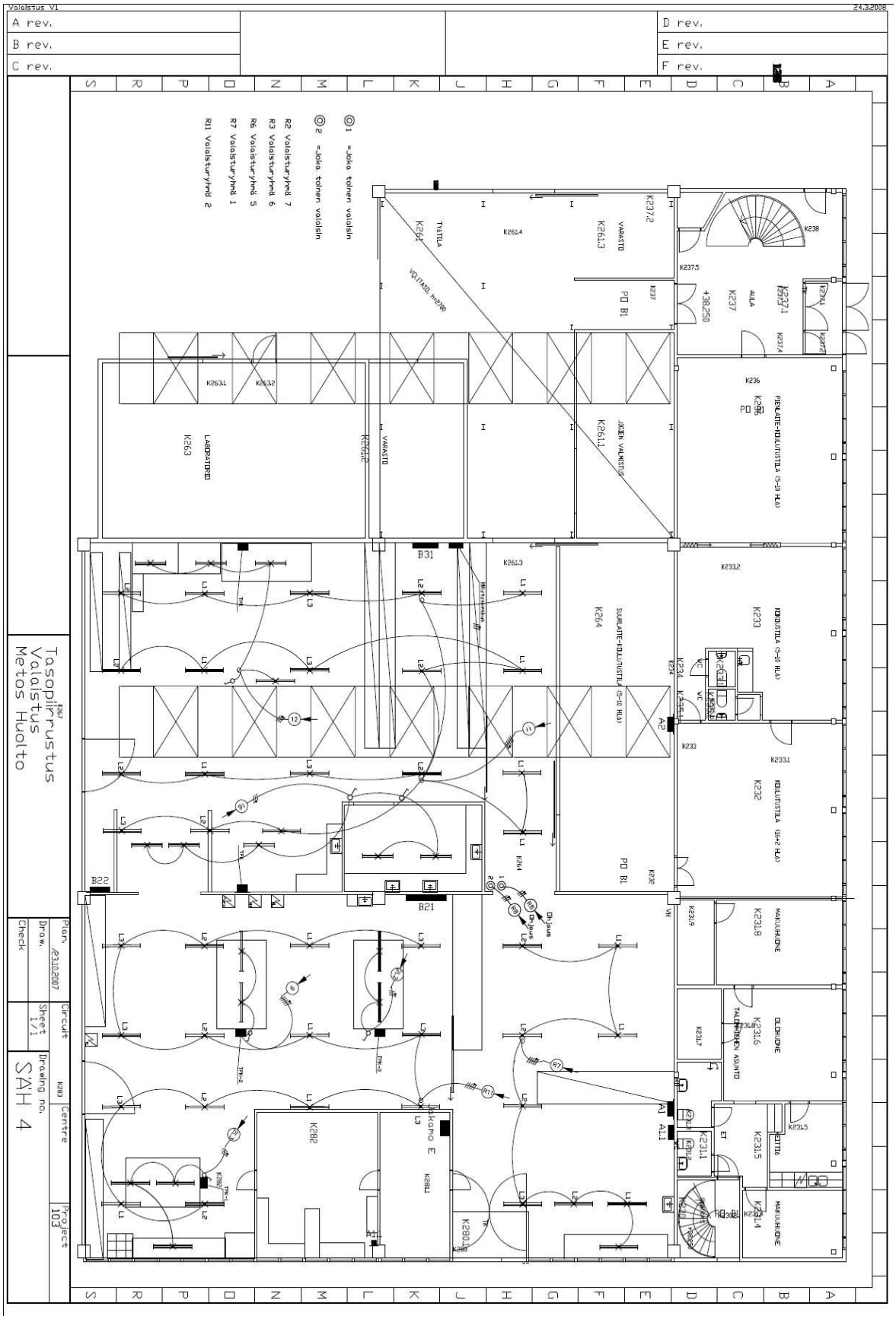
Kuva 1. *Ryhmäkeskuksen B21 pääkaavio*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



Kuva 1. *Ryhmäkeskuksen B21 pistorasioiden tasopiirustus*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com



***Kuva 1**. Valaistuksen tasopiirustus*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

SAKU-TEK Oy Sulantie14, 04300 Tuusula. Puh. 09 2746 330, Faksi 09 2746 3377 www.saku-tek.fi

Vikavirtasuojakytkimien mittauspöytäkirja			Mittaustyyppi: COMBITEST 2019 M12			
Asiakas/kohde: METOS HUOLTO			Tilaaja: Ruotsalainen			
Päiväys	Mittauskohde	Mittaustapa	m/A	m/s	Mittaaja	Mittalaite
12.12.09	TPK-7 L1	1 40A/30mA	21 mA	63 ms		
	L2	2 40A/30mA	21 mA	45 ms		
	3~ 16A PIS RAS	3 25A/30mA	21 mA	62 ms		
	TPK-2 L1	4 40A/30mA	22 mA	63 ms		
	L1	5 —"—	21 mA	62 ms		
	L2	6 —"—	21 mA	55 ms		
	L2	7 —"—	21 mA	62 ms		
	PIS RAS 63A	8 63A/30mA	24 mA	67 ms		
	TPK-3 L1	9 40A/30mA	21 mA	48 ms		
	L1	10 —"—	21 mA	62 ms		
	L2	11 —"—	21 mA	48 ms		
	L2	12 —"—	21 mA	48 ms		
	PIS RAS 32A	13 63A/30mA	22 mA	48 ms		
	B-21 R-15 3~	14 40A/30mA	27 mA	44 ms		
	B-21 R-13 1~	15 25A/30mA	24 mA	26 ms		
	B-21 R 9 L1	16 40A/30mA	18 mA	45 ms		
	B-21 R-11	17 63A/30mA	24 mA	38 ms		
	TB R 22 R-7					
	MITTAUSKESKUS	KAHVILAITE				
	D16 R-4	4 25A/30mA	21 mA	42 ms		
	D16 R-5	5 40A/30mA	18 mA	179 ms		
	D32 R-1	1 63A/30mA	21 mA	39 ms		
	D16 R-2	2 25A/30mA	18 mA	132 ms		
	D16 R 3	3 40A/30mA	24 mA	11 ms		
	B-22 R 8	11 63A/30mA	24 mA	128 ms		
	D16 B-31	6 25A/30mA	24 mA	19 ms		
	R-10	40A/30mA				
	B-31 D16	7 25A/30mA	24 mA	25 ms		
B-31		40A/30mA				
	D16	8 40A/30mA	21 mA	9 ms		
R-10						
	3~ D16	9 25A/30mA	24 mA	8 ms		
	L2	40A/30mA				
	D16	10	21 mA	69 ms		
	B-31 R L3	40A/30mA				
Huomioitavaa:						

Kuva 1. *Vikavirtasuojakytkimien tarkastuspöytäkirja*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA
Sähköasennuksen käyttöönotto

1. Työkohde	Asiakas METOS OY AB	
	Osoite AHJONKAARRE 1 04200 KERAVA	Puhelin
2. Sähkö-urakoitsija	Nimi SAKU-TEK OY	
	Osoite HIEKKAKUOPANTIE 6	Puhelin
3. Jakeluverkon haltija	KERAVAN ENERGIA	
4. Nimellisjännite		5. Oikosulkuvirta liittymän luona (pienin/suurin)

6. Tarkastuksen peruste
☒ Uudisasennus ☒ Muutos- tai laajennustyö ☒ Korjaustyö ☐ Uusintatarkastus
☐ Muu: Työ: SÄHKÖLAITEKORJAAMO / HUOLTO

7. Silmämääräinen tarkastus

a. Liittymisjohto
☒ pääte ☒ suojaus Laji: MCMK Poikkipinta: 4×50+16S
b. Läpivienti ☒ c. Päävarokkeet Sulake / varoke 3 x 125 A / ___ x ___ A

d. Pääpotentiaalintasaus
☒ PE- tai PEN-kisko ☒ maadoitusjohdin ☐ vesiputkistot ☐ ilmanvaihtokanavat
☒ betoniraudoitus ☒ antennimaadoitus ☐ puhelinmaadoitus ☐ ukkossuojaus

e. Pääkeskus
☒ sijoitus ☒ rakenne ☒ erotusmahdollisuus ☒ merkinnät
☒ asennus

f. Ryhmäkeskukset
☐ sijoitus ☐ rakenne ☐ merkinnät ☐ asennus

g. Ryhmäjohdot
☒ liittäminen keskukseen ☒ poikkipinnat ☒ merkinnät ☒ asennus

h. Pistorasiat
☒ sijoitus ☒ rakenne ☒ johtimien liitokset

i. Valaisimet
☒ sijoitus ☒ rakenne

j. Lämmityslaitteet
☐ pattereiden sijoitus ja asennus ☐ kiukaan sijoitus ja asennus ☐ lämmityskelmujen asennus ☐ lämmityskaapeleiden asennus

k. Muut kojeet
☐ liesi ☐

l. Muut asennukset
☐ puhelinasennukset ☐ antenniasennukset ☐ muut teletekniset asennukset

m. Loppupiirustukset
☒ keskuskaaviot ☒ johdotuskuvat ☒ käyttöohjeet ja käytönopastus

8. Keskuskohtaiset mittaukset

a. Suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus
☒ Jatkuvuus todettu mittaamalla 0,16 – 0,25 Ω

b. Eristysresistanssi
Koko keskuksen eristysresistanssi >99,9 MΩ

Erikseen mitattavat ryhmäjohdot

Ryhmä nro	Eristysresistanssi	Ryhmä nro	Eristysresistanssi	Ryhmä nro	Eristysresistanssi
B-21 R-3	>99,9	B-21 R-9	>99,9		
B-21 R-7	>99,9	B-21 R-10	>99,9		

c. Syötön automaattisen poiskytkennän vaatimusten toteutuminen
☐ Todettu mittaamalla ☐ Todettu suunnitelmista

Pienin oikosulkuvirta erikseen mitatuista ryhmistä

Ryhmä nro	Ikmin / A	Onko OK	Ryhmä nro	Ikmin / A	Onko OK

d. Vikavirtasuojakytkimien toimintavirrat

Tunniste	Nimellisarvot In / IΔn	Mitattu IΔ	Tunniste	Nimellisarvot In / IΔn	Mitattu IΔ

f. Käytetyt mittalaitteet

Laite	Valmistaja	Tyyppi
COMBI TEST 2019		M 12

9. Tarkastuksen tulos
TUKESin ohjeessa S10 vahvistettujen standardien tai standardeihin rinnastettavien julkaisujen mukainen turvallisuustaso ☒ saavutettu ☐ ei saavutettu (puutteet liitteenä)

10. Tarkastuksen tekijä
Nimi Ruotsalainen Pertti
Aika ja paikka KERAVA 13.12.07
Allekirjoitus Ruotsalainen P

© SÄHKÖINFO OY • Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton julkaisu

Kuva 1. *Ryhmäkeskuksen B21 käyttöönottotarkastuspöytäkirja.*

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com