



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), talotekniikka

Sähköasennusteknisen oppimis- ympäristön rakentaminen talotek- niikan opiskelijoille

Aleksi Karvinen
Joni Kitunen

Opinnäytetyö, marraskuu 2021

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021
Talotekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijät
Aleksi Karvinen
Joni Kitunen

Nimeke
Sähköasennusteknisen oppimisympäristön rakentaminen talotekniikan opiskelijoille

Toimeksiantaja
Karelia Ammattikorkeakoulu Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli rakentaa ja suunnitella tosielämän sähköasennuksia mukaileva sähkötekniinen oppimisympäristö Karelia-ammattikorkeakoulun talotekniikan opiskelijoille. Tarve tosielämän sähköasennuksien harjoittelulle on koulutuksessa suuri, jotta oppilaat saisivat oikeaoppisen käsityksen sähköasennuksien rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvistä tekijöistä.

Opinnäytetyössä rakennettiin sekä suunniteltiin sähköasennustekninen oppimisympäristö osaksi jo olemassa olevaa oppimisympäristöä Karelia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriotiloissa. Lisäksi työssä laadittiin työohjeita oppilaiden käyttöön. Rakentamisessa, suunnittelussa ja työohjeiden laadinnassa noudatettiin alalla voimassa olevia lakeja, asetuksia, standardeja ja ohjeita.

Lopputuloksena sähköasennustekninen oppimisympäristö näyttäytyi kahtena pyörillä liikuteltavana asennusseinäenä komponentteineen ja työohjeineen. Näiden avulla opiskelijat voivat harjoitella ja tutustua oikeissa työympäristöissä usein eteen tuleviin sähkötekniisiin ratkaisuihin. Asennusseinät ja työohjeet jäivät Karelia-ammattikorkeakoulun käyttöön.

Kieli
suomi

Sivuja 51
Liitteet 1
Liitesivumäärä 15

Asiasanat
oppimisympäristö, sähköasennus, sähkölaboratorio



THESIS
November 2021
Degree Programme in Building Services
Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Authors
Aleksi Karvinen
Joni Kitunen

Title
Building an Electrical Installation Learning Environment for Building Services
Engineering Students
Commissioned by
Karelia Ammattikorkeakoulu Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to build and design a learning environment which demonstrates technologies of electrical installation in the real-life for Karelia UAS Building Services Engineering students. The need for training electrical installations is great in the degree programme in order to give the students correct understanding of factors related to building and designing electrical installations.

In this thesis, an electrical installation learning environment was built and designed as part of the already existing learning environment in the electrical laboratory facilities of Karelia University of Applied Sciences. In addition, working instructions for the use of students were prepared in this thesis. Building, designing, and writing of work instructions were complied with applicable laws, regulations, standards, and guidelines in the industry.

As an outcome, the electrical installation learning environment appeared as two wheel-mounted installation walls with required components and working instructions. With these, students can practice and become familiar with the electrical solutions that often come up in the real-life working environments. The installation walls and working instructions remained in the use of Karelia University of Applied Sciences.

Language
Finnish

Pages 51
Appendices 1
Pages of Appendices 15

Keywords
learning environment, electrical installation, electrical laboratory

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Karelia-ammattikorkeakoulu	6
3	Oppimisympäristö	7
3.1	Fyysinen oppimisympäristö.....	7
3.2	Sosiaalinen ja pedagoginen oppimisympäristö	7
4	Sähkötöiden tekeminen sähkölaboratoriossa	8
4.1	Sähköturvallisuuslaki	8
4.2	Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeäminen	10
4.3	Sähkölaboratorion sähköasennusten tekninen rakenne ja suojausmenetelmät.....	11
4.4	Sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettinen yhteensopivuus	12
5	Oppimisympäristöön liittyvä laitteisto	13
5.1	Pienjännitekeskukset	13
5.2	Vikavirtavalvonta.....	14
5.3	Vikavirtareleet	15
5.4	Taajuusmuuttaja	18
5.5	Oikosulkumoottori	19
6	Käytännön sähkötyö	21
6.1	Hyvät asennustavat	21
6.2	Käyttöönottotarkastus	22
6.2.1	Aistinvarainen tarkastus.....	23
6.2.2	Suojajohtimen jatkuvuus.....	25
6.2.3	Eristysresistanssi	26
6.2.4	Suojalaitteiden käyttöönottomittaukset	27
6.2.5	Kiertosuunnan tarkastus	27
7	Työvaiheet	28
7.1	Suunnittelu.....	28
7.2	Seinät	29
7.2.1	Kokoonpano 1.....	31
7.2.2	Kokoonpano 2.....	32
7.3	Keskukset	33
7.4	Putkitus	35
7.5	Taajuusmuuttajan ja moottorin kytkentä	36
7.6	Taajuusmuuttajan ja moottorin käyttöönotto ja testaus.....	38
7.7	Laboratorion sähkönsyötön järjestely	40
7.8	Työohjeet.....	44
7.9	Dokumentointi.....	45
8	Yhteenveto rakennetusta laitteistosta	46
9	Pohdinta.....	49
	Lähteet.....	50

Liitteet

Liite 1 Luovutuspiirustukset

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli rakentaa ja suunnitella tosielämän sähköasennuksia mukaileva sähkötekniinen oppimisympäristö Karelia-ammattikorkeakoulun talotekniikan opiskelijoille. Lisäksi tarkoituksena oli laatia neljä kappaletta työohjeita, joita opiskelijat laboratoriotöissään tulevaisuudessa hyödyntävä.

Karelia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriotiloissa suoritettavat laboratoriotyöt ovat hyvin erilaisia verrattuna tosielämän tilanteisiin. Laboratoriotyöt käsittelevät erilaisia sähkökäyttöjä sekä erinäisten sähkösuureiden mittausta ja niiden laskentaa. Työt suoritetaan käyttäen laboratorionkäyttöön suunniteltuja pistoliittimiä, joita ei tosielämän sähköasennuksissa käytetä. Näin ollen tarve tosielämän sähköasennuksien harjoittelulle on koulutuksessa suuri, jotta oppilaat saisivat oikeaoppisen käsityksen sähköasennuksien rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvistä tekijöistä.

Sähköasennustekniinen oppimisympäristö tulisi osaksi jo olemassa olevaa oppimisympäristöä Karelia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriotiloissa. Työssä tarkastellaan rakennettavaa sähköasennusteknistä oppimisympäristöä omana kokonaisuutenaan. Opinnäytetyö keskittyy oppimisympäristön rakentamisen ja suunnittelun kannalta keskeisiin asioihin.

2 Karelia-ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Karelia Ammattikorkeakoulu Oy. Karelia-ammattikorkeakoulu on vuonna 1992 perustettu osakeyhtiö, jonka omistajuus siirtyi Joensuun kaupungille vuonna 2013. Karelia-ammattikorkeakoulu pyrkii lukuisilla koulutusohjelmillaan kehittämään tulevaisuuden osaajia. Ammattikorkeakoulu harjoittaa yhteistyötä paikallisten yritysten ja muiden oppilaitosten kanssa. [1.]

Karelia-ammattikorkeakoulun ”Insinööri (AMK), talotekniikka” koulutusohjelma on laajuudeltaan 240 opintopistettä ja se toteutetaan päivätoteutuksena. Koulutusohjelman kesto on pituudeltaan 4 vuotta. [2.]

Pääaiheina koulutuksessa on erilaiset talotekniset kokonaisuudet ja niihin vaikuttava lainsäädäntö. Koulutuksessa käsitellään myös sähköturvallisuutta, rakennustuotantoa ja liiketoimintaa. Opiskelija tutustuu LVI- ja sähköalaan siinä määrin, että saavuttaessaan riittävän määrän työkokemusta, on opiskelijalla mahdollisuus hakea alojen lakiteksteissä määriteltyjä pätevyyskriteerejä. [2.]

Karelia-ammattikorkeakoulun verkkosivuilla [2] sanotaan seuraavaa alan tehtävänimikkeistä:

Tehtävänimikkeitäsi voivat olla esimerkiksi:

- suunnittelija
- suunnitteluinsinööri
- automaatiosuunnittelija
- tuotantopäällikkö
- huoltopäällikkö
- talotekniikka-asiantuntija
- sähkösuunnittelija
- LVI-insinööri
- yrittäjä. [2.]

3 Oppimisympäristö

Tavallisesti oppimisympäristön katsotaan olevan yleensä luokkahuone ja sen ympärillä olevat tilat ja rakennukset. Hyvä oppimisympäristö käsittää kuitenkin myös sosiaalisia ja pedagogisia piirteitä. Fyysiset tilat, henkiset tekijät, sosiaaliset kanssakäymiset, toimintatavat, välineet, palvelut ja materiaalit ovat kaikki osa oppimisympäristöä. [3, 29.]

Majoinen [3, 30] jaottelee oppimisympäristöt tutkimuksessaan neljään osaan. Tässä opinnäytetyössä niistä käsitellään fyysistä, sosiaalista ja pedagogista oppimisympäristöä.

3.1 Fyysinen oppimisympäristö

Fyysinen oppimisympäristö muodostuu monen osatekijän summasta. Fyysisen oppimisympäristön kokonaisuuteen voidaan lukea tilan valaistus, lämpöolosuhteet, ilmanvaihto ja akustiikka. Siihen sisältyy myös pedagogisia menetelmiä tukevia työskentelyvälineitä. [3, 31.]

Syvällisen oppimisen kannalta on tärkeää järjestää myös toiminnallisia oppimisympäristöjä. Pelkät teoriaopinnot eivät monenkaan kohdalla tuo syvällistä ja oikeaa asioiden ymmärrystä vaan opit tarttuvat mukaan tosielämän realistisista ongelmanratkaisutilanteista. [3, 32.]

3.2 Sosiaalinen ja pedagoginen oppimisympäristö

Sosiaalisen oppimisympäristön muodostavat oppilaat ja opettajat keskenään. Ympäristössä työskennellään ryhmissä ja vuorovaikutuksessa toisten kanssa. Sosiaalinen oppimisympäristö voi käsittää myös oppilaitoksen ulkopuolisia tahoja ja suhteita, joiden avulla oppimista on mahdollista edistää. [3, 33–34.]

Oppimisessa käytettävät käytänteet ja sitä tukevat metodit muodostavat pedagogisen oppimisympäristön yhdessä fyysisten, henkisten ja sosiaalisten tekijöiden kanssa. [3, 35.]

4 Sähkötöiden tekeminen sähkölaboratoriossa

Sähkötöiden tekemiselle sähkölaboratoriotiloissa on olemassa erityispiirteitä verrattuna normaaliin sähkötyöhön. Tässä osiossa käydään pääpiirteittäin läpi tärkein lainsäädäntö ja standardit sekä niiden kohdat, jotka määrittelevät työskentelyn laboratorioissa.

4.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain [4] 1. §:ssä sanotaan, että:

Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus. [4, 1 §.]

Siinä määritellään myös 55. §:ssä sähkötöiden tekemisen edellytykset seuraavalla tavalla:

Toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan on nimetty henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (sähkötöiden johtaja);
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito;
- 3) toiminnanharjoittajan käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset;

4) toiminnasta on tehty ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan.

Edellä 1 momentin 4 kohdassa tarkoitettussa ilmoituksessa on selvitettävä, että 1 momentissa ja 58 §:ssä asetetut vaatimukset täyttyvät. Ilmoituksesta on käytävä ilmi sähkötöiden johtajan suostumus tehtäväänsä. Ilmoituksessa on myös mainittava rekisteriin merkitsemistä varten 86 §:n 2 momentin 1–3 kohdassa tarkoitettut tiedot. Rekisteriin merkittyjen tietojen muutoksista on kuukauden kuluessa ilmoitettava kirjallisesti sähköturvallisuusviranomaiselle. Ilmoituksen voi tehdä myös sähköisesti. [4, 55 §.]

On selvää, etteivät nämä ehdot täyty työskennellessä koulun sähkölaboratoriotiloissa. Lain [4] 56. §:ssä esitetään sähkötöiden tekemisen edellytyksiä koskevia poikkeuksia, joista neljäs poikkeus koskee opetustarkoituksia:

Edellä 55 §:ssä säädetyistä vaatimuksista voidaan poiketa:

--

4) tilapäisen sähkölaitteiston rakentamisessa opetustarkoituksessa, jos työ tehdään sähköalan oppilaitosten laboratoriotiloissa ja työtä ohjaa ja valvoo 73 §:ssä tarkoitettu sähköalan ammattihenkilö; [4, 56 §.]

56. pykälän neljäs poikkeus antaa edellytykset tehdä sähkötöitä koulujen sähkölaboratoriossa valvonnan alaisena. Valvojan tulee olla siis sähköalan ammattihenkilö, joka on määritelty lain [4] 73 §:ssä seuraavalla tavalla:

Riittävän ammattitaitoiseksi valvomaan ja itsenäisesti tekemään koulutustaan ja työkokemustaan vastaavan alan sähkö- ja käyttötyötä katsotaan se, joka on mainittuihin töihin opastettu ja joka on:

1) suorittanut soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;

2) suorittanut soveltuvan sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;

3) suorittanut soveltuvan ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;

4) suorittanut soveltuvan ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vuoden työkokemuksen sähkötöissä; tai

5) hankkinut kuuden vuoden työkokemuksen sähkötöissä ja riittävät alan perustiedot.

Edellä 1 momentissa tarkoitetun työkokemuksen tulee olla kyseisiin sähkö- ja käyttöihin perehdyttävää.

Sen, joka antaa 1 momentissa tarkoitetun opastuksen, tulee täyttää 1 ja 2 momentissa mainitut pätevyysvaatimukset.

Jos kyse on samankaltaisiin sähkölaitteisiin tai sähkölaitteeseen rinnastettaviin sähkölaitteistoihin kohdistuvasta sähkö- ja käyttötyöstä, riittävän ammattitaitoiseksi tekemään itsenäisesti kyseisiä töitä katsotaan 1 momentissa säädetyn estämättä myös se, jolla on kahden vuoden työkokemus kyseisestä sähkötyöstä ja riittävät alan perustiedot tai soveltuva sähköalan koulutus ja vuoden työkokemus kyseisestä sähkötyöstä. [4, 73 §.]

Nämä edellä mainitut lakitekstit luovat rungon työskentelyn laillisuudelle laboratoriotiloissa. Valvojana sähkölaboratoriotiloissa toimii yleensä koulun henkilökuntaan kuuluva sähköalan ammattihenkilö.

4.2 Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeäminen

Valtioneuvoston asetuksessa sähkötyöstä ja käyttötyöstä [5] 1. §:ssä ”säädetään sähköturvallisuuslain (1135/2016) 4 luvussa tarkoitetuista sähkö- ja käyttöistä sekä niiden suorittajan kelpoisuusvaatimuksista”.

Asetuksessa [5] liitteen 2. §:ssä määrätään työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeämisestä seuraavalla tavalla:

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että jokaiseen sähkötyön tekokohteeseen nimetään lain 73 §:n mukainen sähköalan ammattihenkilö työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi, Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja voi osallistua sähkötyön tekemiseen tai tehdä sen kokonaan itse.

Jos sähkötyön tekemiseen ei tarvita sähkötöiden johtajaa, työn tekijän pitää valvoa työnaikaista sähköturvallisuutta. [5, liite, 2. §.]

Suomalaisessa standardissa SFS 6002 [6] annetaan lisävaatimuksia työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeämiselle. Työnaikaisen

sähköturvallisuuden valvojan nimeäminen oppilaitoksissa kuvataan standardissa SFS 6002 [6] seuraavalla tavalla:

Sähköalan töissä, joissa ei tarvita sähkötöiden johtajaa tai käytön johtajaa, esim. sähköalan oppilaitoksissa, sähkölaitteiden valmistukseen liittyvissä testauksissa ja testauslaboratorioissa, työnantaja tai sähkölaitteiston haltija huolehtii työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeämisestä. Tämän henkilön pitää olla sähköalan ammattihenkilö, joka tuntee toimintaan liittyvät vaarat. [6, 51.]

Sähkölaboratoriotiloissa työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan tulee siis olla työnantajan tai sähkölaitteiston haltijan nimeämä siihen työhön ja vastuuasemaan.

4.3 Sähkölaboratorion sähköasennusten tekninen rakenne ja suojausmenetelmät

Sähkölaboratoriotiloissa ovat voimassa standardin SFS 6000-8-803 [7] täydentävät vaatimukset. Myös muita SFS 6000 -sarjan standardeja tulee noudattaa. Standardissa SFS 6000-8-803 [7] kerrotaan johdannossa seuraavaa:

SFS 6000 osan 8 (SFS 6000-8-8XX) standardit ovat kansallisia ja käsittelevät aihepiirejä, joista ei ole olemassa esikuvastandardeja.

Tässä standardissa (SFS 6000-8-803) ovat voimassa osien 1 – 7 yleiset vaatimukset.

Standardisarjan SFS 6000 osat 8 (SFS 6000-8-8XX) esittävät erityisvaatimuksia tietyille asennuksille tai tiloille. Erityisvaatimukset perustuvat SFS 6000 yleisten osien (1 – 7) vaatimuksiin. Näitä SFS 6000-8-8XX osia pitää käyttää yhdessä yleisten osien kanssa.

Tämän standardin vaatimukset lisäävät, muuttavat tai korvaavat tiettyjä yleisten osien vaatimuksia. Jos ei ole olemassa erityistä vaatimusta tiettyyn kohtaan, yleisten osien 1 – 7 vaatimukset ovat voimassa. Myös muut osien 8XX asianmukaiset vaatimukset ovat voimassa. [7, 5.]

Standardin [7, 5] soveltamisalassa mainitaan, että ”standardi SFS 6000-8-803 koskee sähkölaittekorjaamoja ja oppilaitosten opetusikäisissä olevia sähkölaboratorioita tai vastaavia tiloja, joissa esiintyy kosketeltavana yli 50 V ja enintään 1000 V vaihtojännitteitä tai yli 120 V ja enintään 1500 V tasajännitteitä tai

pienjännitelaitteiden testauksen yhteydessä esiintyviä enintään 10 kV jännitteitä, joissa koskettamisesta aiheutuva virta on enintään 10 mA”. Lisäksi siinä mainitaan, että ”tätä standardia sovelletaan myös tiloissa, joissa sähkölaitteita korjataan käyttöpaikalla”.

Soveltamisalassa [7, 5] on kerrottu myös, että ”standardi koskee vain sähköasennusten teknistä rakennetta ja suojausmenetelmiä”. Lisäksi siinä mainitaan, että ”työskennellessä sähkölaitekorjaamoissa ja oppilaitosten opetuskäytössä olevissa sähkölaboratorioissa ja vastaavissa tiloissa pitää noudattaa sähkötyöturvallisuutta koskevia säädöksiä ja standardia SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus”.

4.4 Sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettinen yhteensopivuus

Sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettinen yhteensopivuus on tärkeää ottaa huomioon työskennellessä sähkölaboratoriossa. Tämä toteutuu käyttämällä oikeita asennustarvikkeita ja tiedostamalla kokoonpanot, joissa erityisiä häiriösuojattuja osia tulee käyttää.

Valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta [8], asiasta määrätään liitteessä seuraavalla tavalla:

SÄHKÖMAGNEETTISTA YHTEENSOPIVUUTTA KOSKEVAT OLENNAISET VAATIMUKSET

1. Yleiset vaatimukset

Sähkölaite tai -laitteisto on suunniteltava ja valmistettava ajankohdan tekniikan taso huomioon ottaen niin, että varmistetaan, että

1) sähkölaitteen tai -laitteiston aiheuttama sähkömagneettinen häiriö ei ylitä tasoa, jolla radio- ja telelaitteet tai muut laitteistot eivät voi toimia tarkoitetulla tavalla;

2) sähkölaitteen tai -laitteiston sille tarkoitetussa käytössä odotettavissa olevan sähkömagneettisen häiriön sieto on sellainen, että sähkölaitteen tai -laitteiston toiminta ei häiriinny kohtuuttomasti.

2. Kiinteitä asennuksia koskevat erityisvaatimukset
Komponenttien asennus ja aiottu käyttötarkoitus:

Kiinteässä asennuksessa on noudatettava hyviä teknisiä käytäntöjä ja otettava huomioon komponenttien aiottua käyttötarkoitusta koskevat tiedot, jotta varmistetaan, että kohdassa 1 esitetyt olennaiset vaatimukset täyttyvät. [8, liite.]

5 Oppimisympäristöön liittyvä laitteisto

5.1 Pienjännitekeskukset

Standardin SFS-EN 61439-1 [9, 30] mukaan pienjännitekeskus on ”yhdistelmä yhdestä tai useammasta pienjännitekytkinlaitteesta niihin liittyvine ohjaus-, mitaus-, merkinanto-, suoja- ja säätölaitteineen sekä kaikki sisäiset sähköiset ja mekaaniset kytkennät ja rakenneosat mukaan lukien”.

Pienjännitejakokeskuksia rakentaessa sekä asentaessa on otettava huomioon niihin liittyvät standardit. Tämä toteutuu yleensä parhaiten käyttämällä sähkökeskusten valmistukseen erikoistuneita liikkeitä keskusten rakentamisessa.

Standardin SFS-EN 61439-1 [9, 22] tarkoituksena on ”yhdenmukaistaa mahdollisimman pitkälle kaikki jakokeskuksia koskevat yleiset säännöt ja vaatimukset”. Sen johdannossa on mainittu seuraavaa:

Jokaiselle jakokeskustyyppille tarvitaan vain kaksi päästandardia, joilla määritetään kaikki vaatimukset ja niitä vastaavat todentamismenetelmät:

— tämä perusstandardi, johon viitataan ”Osana 1” yksityiskohtaisissa standardeissa, jotka käsittelevät erilaisia jakokeskuksia

— yksityiskohtainen keskusstandardi, johon tuonnempana viitataan myös asianomaisena keskusstandardina. [9, 22.]

Tätä standardia käytettäessä on syytä huomata, ettei sen noudattaminen yksinään riitä vaan on käytettävä lisänä asianmukaista IEC 61439 -sarjan osaa, osasta 2 eteenpäin [9, 24]. IEC 61439 -sarjan osat ovat esitelty standardin SFS-EN 61439-1 [9] johdannossa seuraavalla tavalla:

Uudistetussa IEC 61439 sarjassa on suunniteltu olevan seuraavat osat:

- a) IEC 61439-1: Yleisvaatimukset
- b) IEC 61439-2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot
- c) IEC 61439-3: Maallikkokäyttöön tarkoitetut jakokeskukset (korvaa IEC 60439-3:n)
- d) IEC 61439-4: Työmaakeskukset (korvaa IEC 60439-4:n)
- e) IEC 61439-5: Jakeluverkkokeskukset (korvaa IEC 60439-5:n)
- f) IEC 61439-6: Jakelukiskot (korvaa IEC 60439-2:n)
- g) IEC/TR 61439-0: Guidance to specifying assemblies.

Tämä lista ei ole täydellinen, uusia osia saatetaan kehittää, jos niille on tarvetta. [9, 22.]

5.2 Vikavirtavalvonta

Vikavirtavalvontalaitteet valvovat vikavirtojen määrää asennuksessa. Ne ilmaisevat vikavirran esiintymisen käyttäen visuaalisia tai audiovisuaalisia hälytyksiä. Myös hälytysten siirto erilliseen valvontakeskukseen on mahdollista kärkeä tietoja käyttäen.

Standardissa SFS 6000-4-41 [10] vikavirtavalvontalaitteet määritellään seuraavalla tavalla:

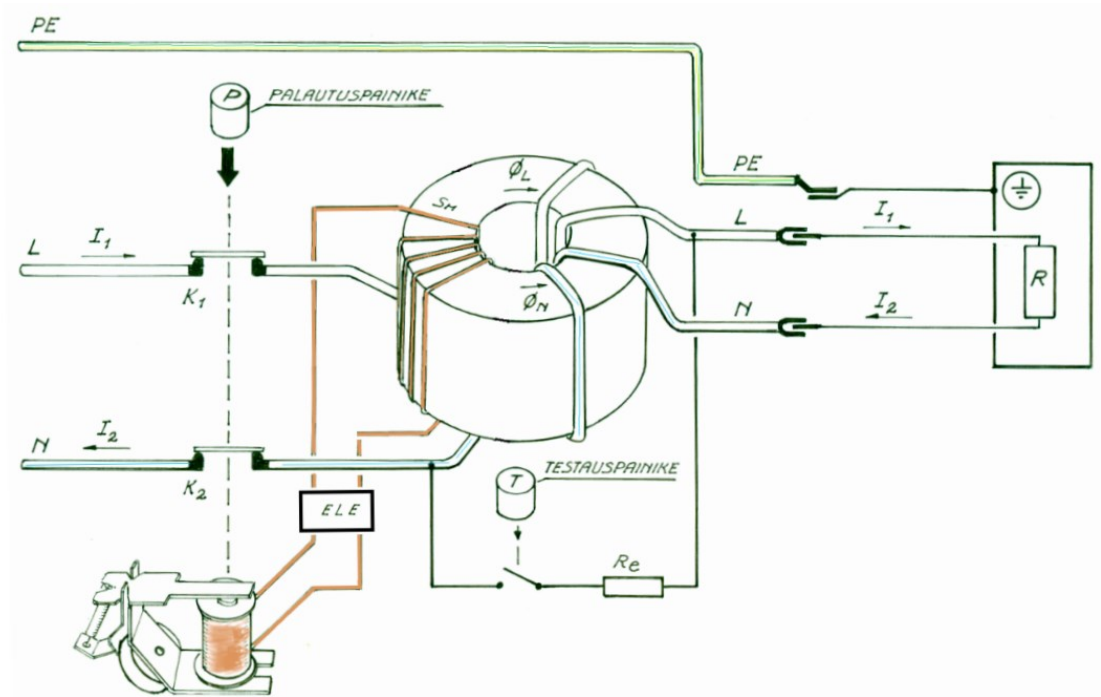
HUOM. 2 Vikavirtavalvontalaitteet eivät ole suojalaitteita, mutta niitä voidaan käyttää valvomaan sähköasennuksen vikavirtoja. Vikavirtavalvontalaitteet tuottavat äänisignaalin tai ääni- ja näkyvän signaalin, kun ylitetään etukäteen aseteltu vikavirran arvo. [10, 7.]

5.3 Vikavirtareleet

Yleisiä käyttökohteita vikavirtareille ovat muun muassa sairaalat, eläinsuojat, voimalaitokset, teollisuuden generaattorikäytöt sekä muut kohteet, joissa vuoto-
virtoja tulee tarkkailla. Vikavirtareleet voidaan kytkeä joko vain hälyttämään
viasta tai katkaisemaan sähköt pois kokonaan. Vikavirtarele mittaa vikavirtaa
erillisellä summavirtamuuntajalla. [11.]

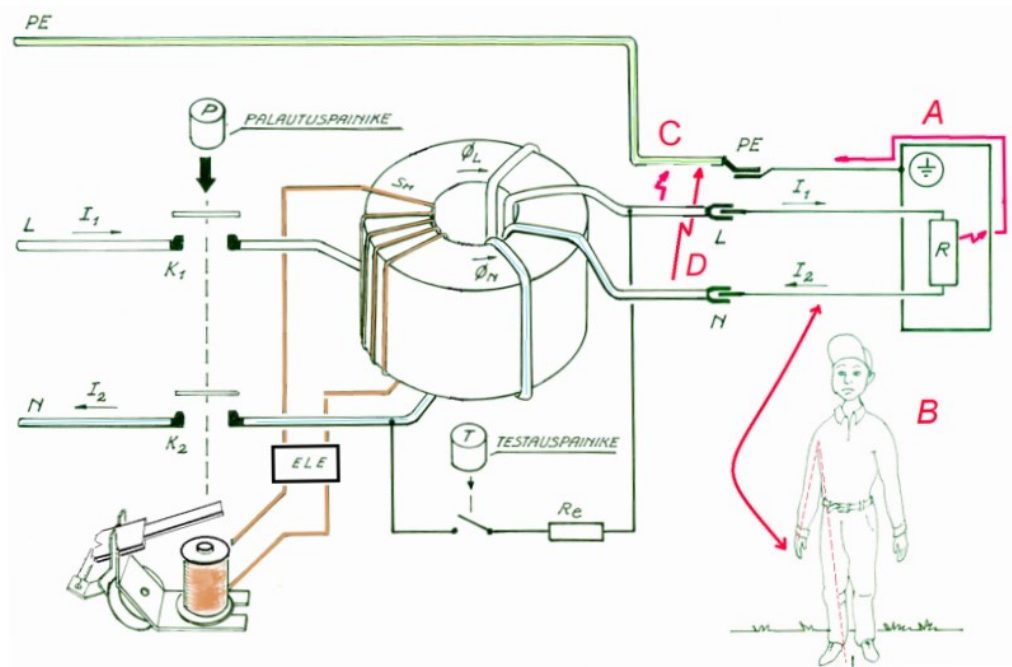
Summavirtamuuntaja toimii siten että, sen läpi kuljetetaan asennuksen vaihe- ja
nollajohdin, joissa vaihejohtimessa on normaalitilanteessa samansuuruinen läh-
tevä virta kuin nollajohtimen palaava virta. Tässä tilanteessa virta ei kulje sum-
mavirtamuuntajan käämin ja laukaisupiirin kautta, koska virrat aiheuttavat vas-
takkaiset magneettivuot rautasydämeen, jotka kumoavat toisensa. Vikatilan-
teessa summavirtamuuntajalle palaava virta on erisuuruinen kuin lähtevä virta,
joten magneettivuot eivät kumoa toisiaan. Tämä aiheuttaa rautasydämeen vaih-
televan magneettivuon, joka indusoi summavirtamuuntajan käämiin virran. Kää-
miin indusoituvaa virtaa käytetään ohjaamaan kytkinlaitteita tai releitä. [12, 236.]

Vikavirtareleiden toimintaperiaate on samankaltainen vikavirtasuojakytkimen
kanssa. Vikavirtasuojakytkimen toimintaperiaate on esitetty graafisesti seuraa-
vassa kuvassa (kuva 1).



Kuva 1. Vikavirtasuojakytkimen toiminta normaalitilanteessa, jossa keskellä on summavirtamuuntaja [13, 3].

Normaalitilanteessa (kuva 1) piiriin lähtevä virta ja palaava virta ovat yhtä suuret. Rengassydänmuuntajassa vastakkaiset magneettikentät kumoutuvat, jolloin apukäämi jää jännitteettömäksi. Tästä syystä laukaisurele pitää kosketinkärkensä kiinni. [13, 3.]



Kuva 2. Vikavirtasuojakytkimen toiminta vikatilanteessa. Vikavariaatioina on esitelty tilanteet A, B, C ja D [13, 3].

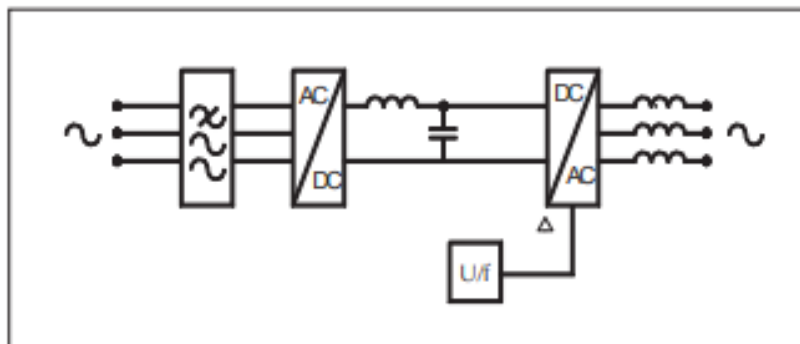
Vikatilanteessa (kuva 2) piiriin lähtevä virta ja palaava virta ovat erisuuret. Ren-gassydänmuuntajassa samansuuntaiset magneettikentät eivät kumoudu, jolloin apukäämi muuttuu jännitteelliseksi. Laukaisurele avaa kosketinkärkensä. [13, 4.]

Vikatilanteen, johon vikavirtasuojakytkin reagoi, voi aiheuttaa yläpuolisen kuvan (kuva 2) skenaariot A, B, C ja D. A -tilanteessa virta ohjautuu laitteen rungon kautta PE -johtinta pitkin ohi summavirtamuuntajasta. B -tilanteessa virta ohjautuu henkilön kautta johtavaan maaperään. C -tilanteessa johdinten välissä on eristysvika, jolloin L- ja PE -johtimen välille muodostuu galvaaninen yhteys. Laukaisun voi aiheuttaa myös galvaaninen yhteys N- ja PE -johtimen välissä, kuten tilanteessa D on esitetty. [13, 4.]

5.4 Taajuusmuuttaja

Nykypäivänä suurin osa talotekniikan moottorikäytöistä toteutetaan taajuusmuuttajalla. Etuina taajuusmuuttajan käytössä on lähinnä tehontarpeen kuormituksen mukainen sovitus, moottorin pehmeä käynnistys sekä jatkuva säätömahdollisuus. Taajuusmuuttajan käyttö moottorin lähtönä yksinkertaistaa myös syöttäviä ryhmäkeskuksia sekä luo merkittäviä energiasäästöjä, kun sen ohjaus yhdistetään rakennusautomaatiojärjestelmän prosessisäätöihin. [14, 1.]

Taajuusmuuttajalla voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta verkon taajuutta muuttamalla. Puolijohdeperheiden tehokytkelementtien avulla taajuusmuuttajassa luodaan tasasuuntaus, jotta verkon kiinteästä taajuudesta päästään eroon. Tästä luodaan kytkentäkomponenteilla uusi moottorilähtö, jonka taajuutta voidaan ohjata. Tämä rakenne on esitetty kuvassa 3. [14, 2.]



Kuva 3. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate [14, 2].

Taajuusmuuttaja muodostaa voimakkaita häiriöitä johtuen toimintatavastaan ja synnyttää täten suuria jännitteen nousunopeuksia sekä yliaaltoja. Häiriöitä voidaan ehkäistä ja pienentää käyttämällä häiriösuojattuja kaapeleita ja muita häiriösuojattuja komponentteja. Myös kytkennöissä ja muissa asennuksissa tulee olla erittäin huolellinen suurtaajuisen häiriöiden ehkäisemiseksi. [15, 1.]

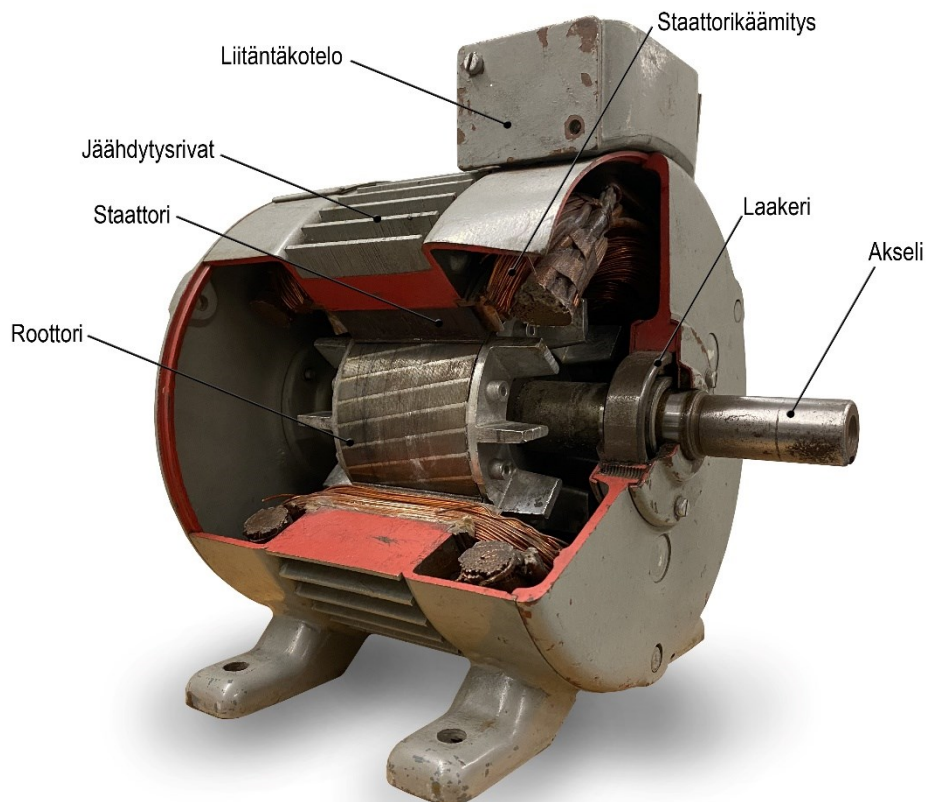
5.5 Oikosulkumoottori

Vaihtosähkömoottorin toimivuuden kannalta olennaisimmat osat ovat staattorin käämitys ja roottori. Vaihtosähkömoottoreita ovat muun muassa oikosulku-, kes- tomagneetti- ja reluktanssimoottori. [16, 255–257.] Tässä osiossa käydään läpi yleisin ja tässä opinnäytetyössäkin käytetty oikosulkumoottori.

Staattorin käämitys on jokaisella vaihtosähkömoottorityypillä samanlainen, mutta oikosulkumoottorin roottori poikkeaa muista. Roottorin rakenteesta käyte- tään nimitystä häkkikäämitys. Siinä on urat, joissa on toisiinsa yhdistetyt eli oi- kosuljetut alumiini- tai kuparisauvat. Oikosulkumoottori on saanut nimensä tästä oikosuljetusta häkkikäämityksestä. [16, 255–257.] Oikosulkumoottorista voi kuulla myös nimityksen induktimoottori, sillä staattorin magneettikenttä indusoi virran roottorin käämitykseen [16, 257].

Oikosulkumoottoria voidaan kutsua myös epätahtimoottoriksi. Tämä nimitys tu- lee siitä, että oikosulkumoottorin roottori pyörii hitaammin, kuin sen ympärillä olevan staattorin magneettikenttä. Magneettikentän pyörimisnopeus riippuu staattorin käämityksen napojen määrästä. Kaksi napainen moottori pyörii 3000 kierrosta minuutissa, nelinapainen moottori 1500 kierrosta minuutissa ja kuusi napainen 1000 kierrosta minuutissa. [16, 255–257.] Työssä käytetyn moottorin nimellinen pyörimisnopeus on 1350 kierrosta minuutissa johtuen edellä maini- tusta ominaisuudesta, jossa roottori pyörii staattorin magneettikenttää hitaam- min.

Lyhyesti oikosulkumoottorin pyöriminen alkaa, kun sille syötetään sähköä ja staattorin käämitykseen syntyy magneettikenttä, joka leikkaa roottorin sauvoja, joihin jännite indusoituu. Tämä aiheuttaa sen, että oikosuljetuissa sauvoissa al- kaa liikkua suuri virta, joka aiheuttaa roottorin ympärille omat magneettikentät. Näin syntyy yhdessä staattorin magneettikentän kanssa pyörivä voima. [16, 258.]



Kuva 4. Oikosulkumoottorin rakenne.

Kuvassa 4 on havainnollistettu läpileikkauksen avulla tyypillisen oikosulkumoottorin rakenne ja siihen kuuluvat keskeiset osat moottorin toimivuuden kannalta. Kuten kuvasta 4 käy ilmi, oikosulkumoottori on rakenteeltaan yksinkertainen ja tästä johtuen toimintavarmuus on hyvä. Ainoat kuluvat osat ovat oikeastaan laakerit.

6 Käytännön sähkötyö

Tässä osiossa käsitellään käytännön sähkötyöhön liittyviä tekijöitä ja materiaaleja, jotka toimivat oppilaan tukena työskennellessä sähköteknisissä oppimisympäristöissä. Sähköasennuksia tehdessä on erittäin tärkeää ottaa huomioon työturvallisuus ja asennusten oikeellisuus, sillä kiinteistöjen sähköjärjestelmissä liikkuu useimmiten ihmisen hengelle vaarallinen jännite. Lisäksi väärin tehdyt asennukset aiheuttavat paloturvallisuusriskin suojalaitteista huolimatta.

6.1 Hyvät asennustavat

Hyvät asennustavat koostuvat useista erilaisista tekijöistä. Niitä ovat muun muassa asentajan työkokemus, teoreettinen tietämys turvallisuudesta ja -asennustandardeista. Alalla syntyneet vakiintuneet käytännöt ovat myös suuressa roolissa. [17, 13; 17, 17.] Sähkölaboratoriossa työskentelevää oppilasta ei voida olettaa omaavan suurta käsitystä näistä aiheista, joten työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan merkitys korostuu.

Hyvällä asennustavalla saavutetaan turvallinen, toimiva, standardien ja lakien mukainen, taloudellinen ja siisti sähkölaitteisto. Asennukset ovat selkeät ja oikein merkitty sekä dokumentoitu. Kiinteistön rakenteet säilyvät ehjinä ja asennus on huollettavissa, muuteltavissa sekä korjattavissa. Hyvää asennustapaa käytettäessä ei vaarannu myöskään sähkötyöturvallisuus. [17, 15.]

Sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuus ja rakenteen pääsäännöt on määritetty sähköturvallisuuslain [4] 6. §:ssä seuraavalla tavalla:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;

3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön. [4, 6 §.]

Rakentaessa sähkölaitteistoja noudatetaan lakisääteisiä vaatimuksia ja standardeja. Rakentamisessa on noudatettava myös laitevalmistajien asennus- ja huolto-ohjeita sekä vakiintuneita käytäntöjä. [17, 15.]

Oppilaan tukena laboratoriotöissä ja koulutuksessa toimii hyvin ST-KÄSIKIRJA 34 [17]. Käsikirja kertoo normaaleista pien- ja pienjännitteisistä sähköasennuksista, joita tavataan normaaleissa sähkölaitteistoissa. Kirjassa on osuus myös tietoteknisistä järjestelmistä, joissa kerrotaan yleiskaapelointijärjestelmällä toteutettujen tietoverkkojen hyvistä asennustavoista. Erilaisia virheitä sisältäviä asennustapoja on käsitelty kirjassa korostaen. [17, 13.]

6.2 Käyttöönottotarkastus

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa sähköasennuksille on suoritettava lain mukaiset käyttöönottotarkastukset, joilla todetaan asennusten turvallisuus ja toimivuus [17, 137]. Käyttöönottotarkastus sisältää suuren määrän aistinvaraisia ja mittauksin suoritettavia tarkastuksia [17, 138]. Kannattaa muistaa, että käyttöönottotarkastusta suoritetaan jo asennusvaiheen alusta alkaen, sillä iso osa asennuksista jää lopulta piiloon [17, 137].

Järjestelmän haltijan käyttöön kootaan käyttöönottotarkastuspöytäkirja suoritetuista käyttöönottotarkastuksista. Mikäli kyseessä on vähäisiksi katsottavat sähkötyöt, ei laki velvoita laatimaan tarkastuspöytäkirjaa, ellei haltija sitä erikseen pyydä. Vähäisiksi katsottuja sähkötyitä ovat mahdollisesti vähäistä vaaraa aiheuttavat, kuten maallikolle sallitut sähkötyöt. Lisäksi pienoisyjänniteasennukset, yksittäiset komponenttien- tai syöttökaapeleiden vaihdot ja muutokset sekä esimerkiksi yksittäisen pistorasian-, kiukaan syöttökaapelin- tai kontaktorin vaihto ja lisääminen luokitellaan vähäisiksi sähkötyiksi. Myös tilapäiset järjestelmät,

kuten työmaakeskusten asennukset kuuluvat vähäisiin sähkötöihin, mikäli ne ovat asianomaisen keskusstandardin mukaisia. Kannattaa kuitenkin muistaa, että tarkastuspöytäkirja on laadittava aina, jos tilaan asennetaan useampia laitteita. Erikoistiloista, kuten lääkintä- ja räjähdysvaarallisista tiloista laaditaan alkuperäiseen käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan liitteeksi omat niihin liittyvien vaatimusten mukaiset tarkastuspöytäkirjat. [17, 152–153.]

6.2.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu lukuisia huomioon otettavia asioita, joista tärkeimpänä esiintyy laitteiston rakentajan velvollisuus varmistaa, että asennukset ovat suunniteltu ja rakennettu noudattaen SFS 6000 -standardisarjaa. Sähköturvallisuuslain mukaan SFS 6000 -sarjan noudattaminen riittää täyttämään laitteiston olennaiset turvallisuusvaatimukset. [17, 137.]

Aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee tarkastella, että kaikki käytetyt laitteet tulisi olla vähintään CE-merkittyjä ja mielellään sertifioituja. Laitteet järjestelmässä tulisi olla koteloitu siten, että niiden kotelointiluokka vastaa vähintään kyseisessä tilassa tarvittavaa kotelointiluokkaa. [17, 138.]

Jännitteiset ja vaaralliset asennukset täytyy olla suojattu siten, ettei ihminen niihin voi sormella koskettaa. Kosketussuojauksen tulee täyttää vähintään IP2X tai IPXXB luokkien mukaiset vaatimukset. Kotelot ja kannet tulee olla kiinnitetty siten, etteivät ne pääse irtoamaan. [17, 139.]

Keskuksissa tulee olla arvokilpi, josta käy ilmi valmistaja ja standardin mukaisuus. Lisäksi keskuksista on löydyttävä ajantasaiset dokumentit asennuksista. Keskuksia tulee asentaa valmistajan ohjeen mukaisesti sekä niistä löytyvät kojeet, kuten johdonsuojakatkaisijat täytyy merkitä selkeästi. Tarkastettava on myös, ettei keskukseseen ole jäänyt ylimääräisiä reikiä, jotta keskus vastaa haluttua kotelointiluokkaa, eikä keskuksista löydy asennuksen aikana tullutta jätettä, kuten johdon pätkiä. [17, 140–141.]

Keskuksen aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee ottaa huomioon myös muita standardin mukaisia seikkoja, kuten ettei keskuksessa saa olla irtonaisia liittimiä, johtimien liitokset ovat kosketussuojattuja ja oikein kiristettyjä. Keskuksen sisällä pien- ja pienoislännite johtimet tulee olla huolellisesti eristetty toisistaan. Suoja- ja nollajohtimet tulee olla asennettuna omiin liittimiinsä ja mahdolliset ylivirtareleet pitäisi olla säädetty moottorin nimellisvirran mukaan. [17, 141.]

Aistinvaraisissa tarkastuksissa tulee huomioida, että johtimien värejä on käytetty oikein. Keltavihreää johdinta ei saa käyttää minään muuna kuin suojajohtimena. [17, 144.]

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden ja sähköturvallisuuden kannalta on kiinnitettävä huomiota siihen, että kaikki laitteet ovat asennettuja valmistajien ohjeiden mukaan, sekä niissä on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa tekijät sähkömagneettisten häiriöiden pienentämiseksi [17, 148]. Esimerkiksi taajuusmuuttaja asennuksia tarkastellessa tulee huomioida laitteen CE-merkinnän olemassa olevuus ja se, että taajuusmuuttajan asennuksessa on noudatettu valmistajan ohjeita [17, 148–149]. Erityistä huomiota on kiinnitettävä myös siihen, että mahdollinen kiuas on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti [17, 143]. Valaisimissa tulee huomioida, että ne on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti riittävälle turvaetäisyydelle valon suuntaan ja niille on oltava riittävä tila jäähtymistä varten. Jos valaisimissa on erillisiä liitäntälaitteita, tulisi niiden olla kiinteästi ja riittävin vedonpoistoin asennettuja. [17, 145.]

6.2.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuus mittauksessa on tarkoitus varmistaa asennuksen jokaisen PE-, PEN-, ja lisäpotentiaalitasausjohtimen katkeamattomuus [18, liite 1, 2]. Mitattava on esimerkiksi suojajohtimien jatkuvuus keskuksen PE-kiskosta pistorasioihin ja sähkömoottorin runkoon [17, 149].

Kuvassa 5 esitetty resistanssiarvoja kuparijohtimille, joita mittauksessa tyypillisesti voi saada tulokseksi. Mikäli normaaleilla ryhmäjohtojen pituuksilla tulokseksi saadaan yli 1Ω , olisi syytä tarkastaa kaikki liitokset, mittajohtimien kunto sekä mittalaitteen nollaus. [17, 150.]

mm ² / Cu / 30 °C	Ω / 1m	Ω / 10 m	Ω / 20 m	Ω / 50 m	Ω / 100 m
1,5	≈ 0,013	≈ 0,13	≈ 0,26	≈ 0,65	≈ 1,3
2,5	≈ 0,008	≈ 0,08	≈ 0,16	≈ 0,4	≈ 0,8
6	≈ 0,003	≈ 0,03	≈ 0,06	≈ 0,15	≈ 0,3
10	≈ 0,002	≈ 0,02	≈ 0,04	≈ 0,1	≈ 0,2

Kuva 5. Tyypillisiä suojajohtimen resistanssiarvoja kuparijohtimille [17, 150].

Suojajohtimien ollessa puutteellisia ei syötön automaattinen poiskytkentä mahdollisesti toimi. Tämän seurauksena mahdollisen vikatilanteen syntyessä esimerkiksi metallirunkoisissa laitteissa voi esiintyä tappavia jännitteitä. [17, 149.]

6.2.3 Eristysresistanssi

Eristysresistanssi mittauksella todennetaan, että jännitteisten johtimien ja suoja- maadoitusjärjestelmään liittyvien johtimien välinen eristys on kunnossa sekä se, että N- ja PE-järjestelmät ovat erillään [17, 150]. Mittaus voidaan suorittaa myös jännitteisten johtimien väliltä, jos näin on erikseen sovittu [18, liite 1, 3].

Jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koestusjännitteen suuruus tasajännitteellä	Eristysresistanssin minimiarvo
pienoisjännitejärjestelmät SELV ja PELV	250 VDC	0,5 M Ω
pienoisjännitejärjestelmä FELV	500 VDC	1,0 M Ω
pienjännite, enintään 500 V	500 VDC	1,0 M Ω
pienjännite, yli 500 V	1000 VDC	1,0 M Ω

Kuva 6. Mittausjännitteet ja halutut minimiarvot [17, 151].

Järjestelmän eristysresistanssimittauksessa käytetään, standardin mukaisia tasajännitteitä, jotka ovat esitetty kuvassa 6 haluttujen mittaustulosten kanssa [17, 150]. Jos mittauksessa joudutaan käyttämään alennettua mittausjännitettä, tai muita erikoistoimenpiteitä, kuten irrottamaan joku laite järjestelmästä mittauksen ajaksi on tämä kirjattava mittauspöytäkirjaan [18, liite 1, 3].

6.2.4 Suojalaitteiden käyttöönottomittaukset

Järjestelmän suojausmenetelmän toimivuus varmistetaan mittaamalla silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta. Kyseisistä mittauksista saadut arvot kirjataan mittauspöytäkirjaan. Mittauspöytäkirjasta tulee löytyä arvot keskukselta, sekä epäedullisimmasta pisteestä järjestelmää. Silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta on mahdollista todeta myös laskennallisesti, mutta tässä tapauksessa laskutoimitukset on lisättävä liitteeksi pöytäkirjaan. [18, liite 1, 3.]

Vikavirtasuojan testaus suoritetaan painamalla vikavirtasuojan testinappia, jolloin vikavirtasuojan tulisi laueta [18, liite 1, 3]. Jos vikavirtasuojaa käytetään henkilö- tai palosuojaukseen, on tarpeellista mitata vikavirtasuojan toimintavirta sen toimivuuden takaamiseksi. Mittaus voidaan suorittaa vikavirtasuojan sijointipisteeltä syöttämällä sille sinimuotoista vikavirtaa käyttöönottotarkastusmittarilla. [17, 151.] Mittaustuloksiin kirjataan myös vikavirtasuojan toiminta-aika, jos vikavirtasuojaa käytetään syötön automaattiseen poiskytkentään [18, liite 1, 3].

6.2.5 Kiertosuunnan tarkastus

Jos järjestelmään kuuluu monivaiheisia piirejä, tulisi varmistaa kiertosuunnan säilyminen. Mittalaitetta apuna käyttäen varmistetaan, että kiertosuunta säilyy samana joka puolella järjestelmää. [18, liite 1, 3.]

Mittaus suoritetaan yleensä keskukselta, sekä siitä syötetyiltä monivaiheisilta ryhmiltä. Mittaus merkitään lopuksi pöytäkirjaan suoritetuksi. [18, liite 1, 3.]

7 Työvaiheet

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja rakennettiin kaksi kappaletta pyörillä liikuvia asennusseiniä koulutuskäyttöön talotekniikan opiskelijoille. Asennusseinistä laadittiin tarvittavat työohjeet. Työprosessi toteutettiin Karelia-ammattikorkeakoulun tiloissa noudattaen sähköalan ja laboratorio-olosuhteiden mukaisia vaatimuksia.

7.1 Suunnittelu

Työprosessi aloitettiin huolellisella suunnittelulla. Suunniteltiin tiiviissä yhteistyössä työn tilaajan edustajan kanssa, millaisia töitä oppimisympäristöön halutaan ja saadaan toteuttaa. Yhteistyön seurauksena päätettiin, että rakennetaan kaksi kappaletta pyörillä liikuteltavia asennusseiniä.

Ensimmäiseen seinään tulisi valaistuksenohjaustyö uppoasennettuna, sekä lämpökuormien vuorottelu sähkökiukaan ja sähkölämmittimen välillä.

Toinen seinä taas tulisi keskittymään teollisuuden sähköistykseen asuinrakennusten sijasta, joten tähän valikoitui taajuusmuuttajalla ohjattu sähkömoottori-asennus, sillä tämänhetkissä laboratoriotöissä ei taajuusmuuttajia käsitellä millään tavalla. Suunniteltiin lisäksi myös Dali- tai KNX-ohjattua valaistusjärjestelmää, mutta tämä jäi lopullisesta toteutuksesta lopulta pois laajuuden, lisenssi-ongelmien ja ajanpuutteen takia.

7.2 Seinät

Rakennusprosessi aloitettiin kokoamalla pyörillä liikuteltavat seinät. Seinien rungoksi valikoitui paljon teollisuudessa käytetty 45mm*45mm alumiiniprofiili (kuva 7).



Kuva 7. Runko.

Alumiiniprofiilit ovat keveitä ja tukevia rakenteita, joita on mahdollisuus yhdistellä toisiinsa miltei rajattomasti.

Valmiisiin runkoihin kiinnitettiin molemmin puolin 18 mm paksut 1500mm*1450mm kokoiset vanerilevyt sekä alumiiniprofiiliin sopivat pyörät (kuva 8).

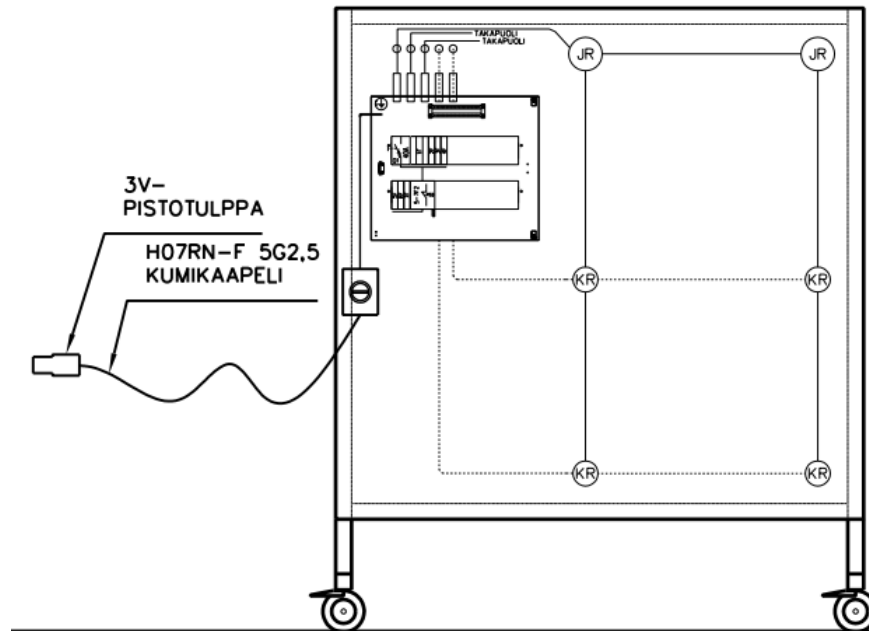


Kuva 8. Valmis tyhjä seinä.

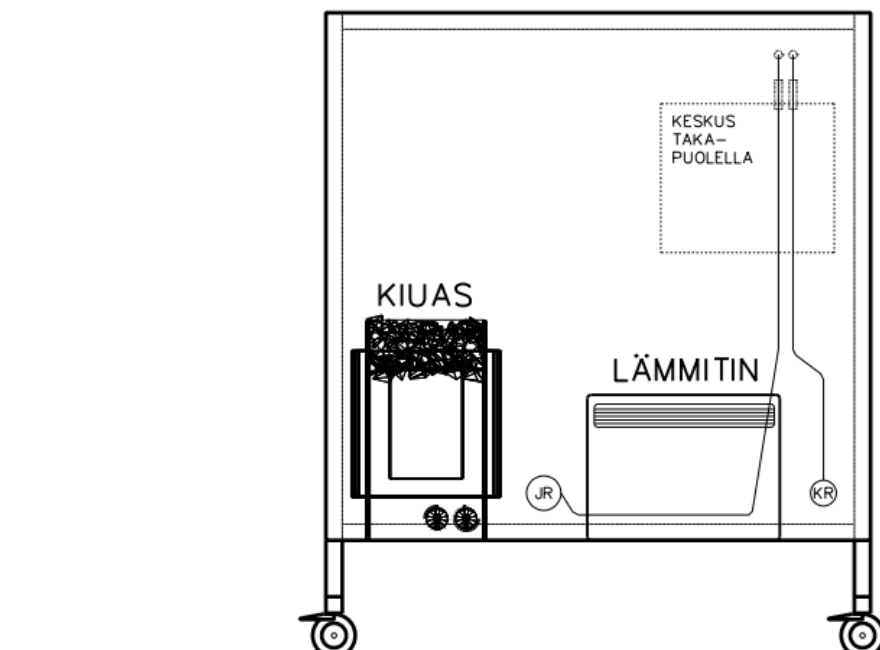
Seinärakenne tarjosi laajan asennuspinta-alan seinään tulevia asennuksia varten. Vaneripinta on huolitellun näköinen sekä siihen on helppo kiinnittää tulevia asennustarvikkeita.

7.2.1 Kokoonpano 1

Ensimmäiseen asennusseinään asennettiin sähkökeskus, turvakytkin, sähkökiuas, sähkölämmitin sekä kolme jakorasialaa ja viisi kojerasiaa (kuva 9 ja kuva 10).



Kuva 9. Kokoonpano 1, puoli 1 (liite 1, 7).

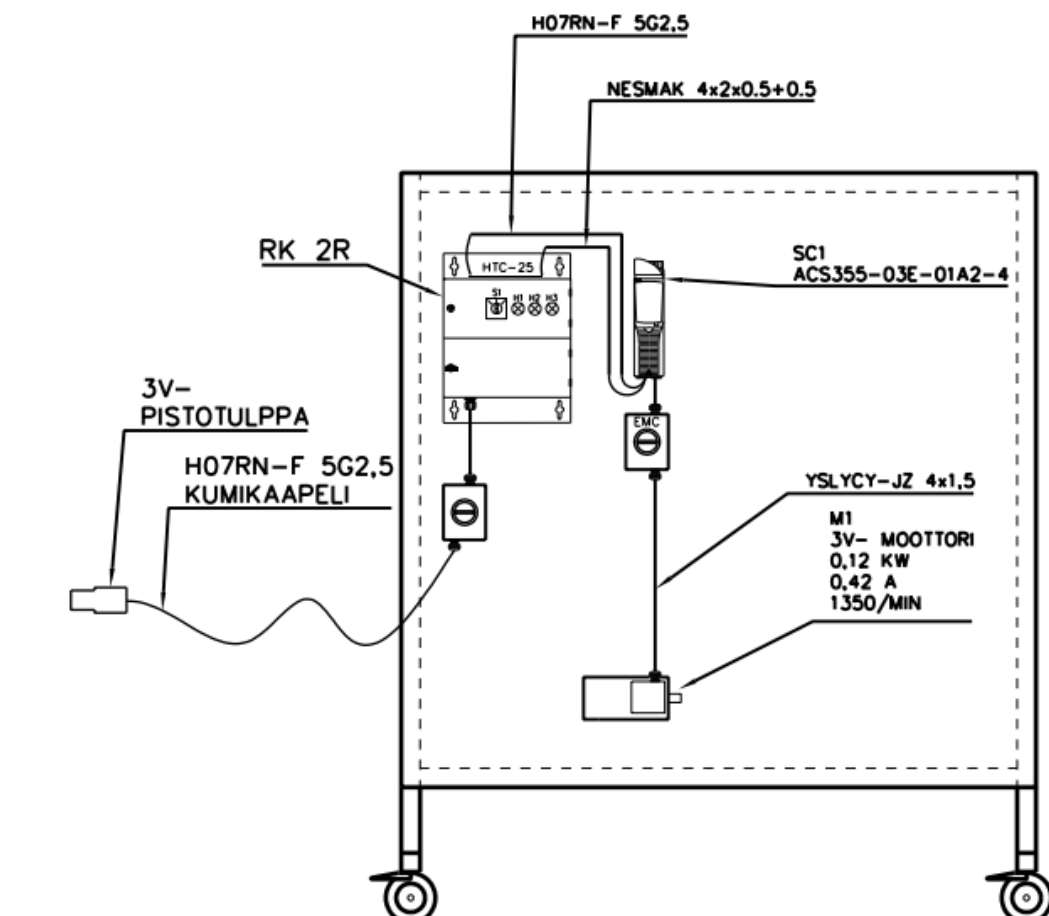


Kuva 10. Kokoonpano 1, puoli 2 (liite 1, 8).

Seinässä olevat putkitukset tehtiin uppoasenteisesti seinän sisään käyttäen jäykkää sähköasennusputkea. Seinässä olevat uppoasenteiset jako- ja kojerasiat asennettiin käyttämällä niihin tarkoitettuja rasiatukia. Pinnalle tulevat sähkölaitteet asennettiin ruuvikiinnityksin vanerin pintaan.

7.2.2 Kokoonpano 2

Toiseen asennuseseinään asennettiin sähkökeskus, taajuusmuuttaja, turvakytin, EMC-häiriösuojattu turvakytin sekä sähkömoottori (kuva 11).



Kuva 11. Kokoonpano 2 (liite 1, 9).

Seinässä olevat kaapelit asennettiin seinän pintaan käyttäen alumiinista sähköasennusputkea. Seinässä olevat sähkölaitteet asennettiin vanerin pintaan ruuvikiinnityksellä.

7.3 Keskukset

Syöttö erilaisille laitteistolle, kuten pistorasioille, valaisimille ja moottoreille toteutetaan sähkökeskuksen kautta. Keskus sisältää tarvittavat suoja- ja ohjauslaitteet, kuten johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojakytkimet ja kontaktorit.

Työn tarpeisiin sopivat keskukset tilattiin Gossutek Oy:ltä. Keskuksista kysyttiin tarjoukset lähettämällä keskuksien pääkaaviot ja luonnostelmat keskuksien kokoonpanokuvista valmistajalle. Nämä dokumentit löytyvät liitteestä 1.



Kuva 12. Asennusseinä 1, keskus RK MINI U2D, suojalaitteet ja kontaktorit.

Ensimmäistä asennusseinää varten keskukseseen tarvittiin kontaktorit ohjaamaan lämmityksen vuorottelua. Tähän valittiin hyvin yleinen asuinrakennuksissa käytettävä uppoasennuskeskus, joka asennettiin kuitenkin pintaan havainnollistamaan keskukselta lähteviä putkituksia (kuva 12). Keskukselle annettiin tunnus RK MINI U2D.

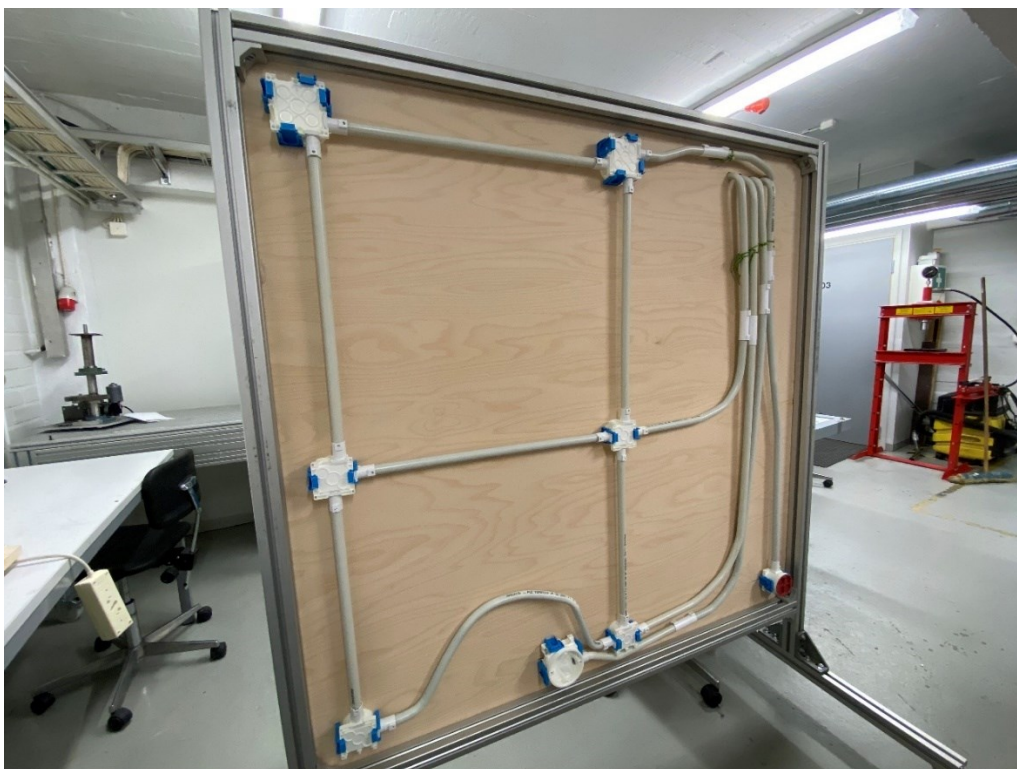


Kuva 13. Asennusseinä 2, keskus RK 2R, nokkakytkin ja merkkilamput.

Toista asennusseinää varten valittiin teollisuuskäyttöön suunniteltu keskus, jossa on nokkakytkin ja merkkivalot taajuusmuuttajan ohjausta varten (kuva 13). Keskukselle annettiin tunnus RK 2R. Molempiin keskuksiin suunniteltiin tarvittava määrä varalähtöjä.

7.4 Putkitus

Rakennusten sähköasennukset tehdään nykyään yleensä uppoasenteisesti, joka tarkoittaa sitä, että johtimet, kaapelit ja rasiat asennetaan seinän sisään pois näkyvistä. Rakennusten sähköistyksessä käytetään johtimien ja kaapeleiden reitteinä usein jäykkää tai taipuisaa muovista sähköasennusputkea.



Kuva 14. Putkitukset ensimmäinen asennusseinän sisällä.

Ensimmäisessä asennusseinässä (kuva 14) päädyimme käyttämään jäykkää muoviputkea helpottaaksemme harjoitustöissä tehtävää kaapelinveto vaihetta. Putkien asennus osoittautui kuitenkin haastavaksi, sillä tilanpuutteen takia jouduttiin tekemään putkiin todella jyrkkiä mutkia. Ensimmäisen asennusseinän putkien reititykset on kuvattu kokoonpanopiirustuksissa. Niissä katkoviivalla on kuvattu myös varaputkituksia, joita ei tässä työssä oteta käyttöön (kuva 9).

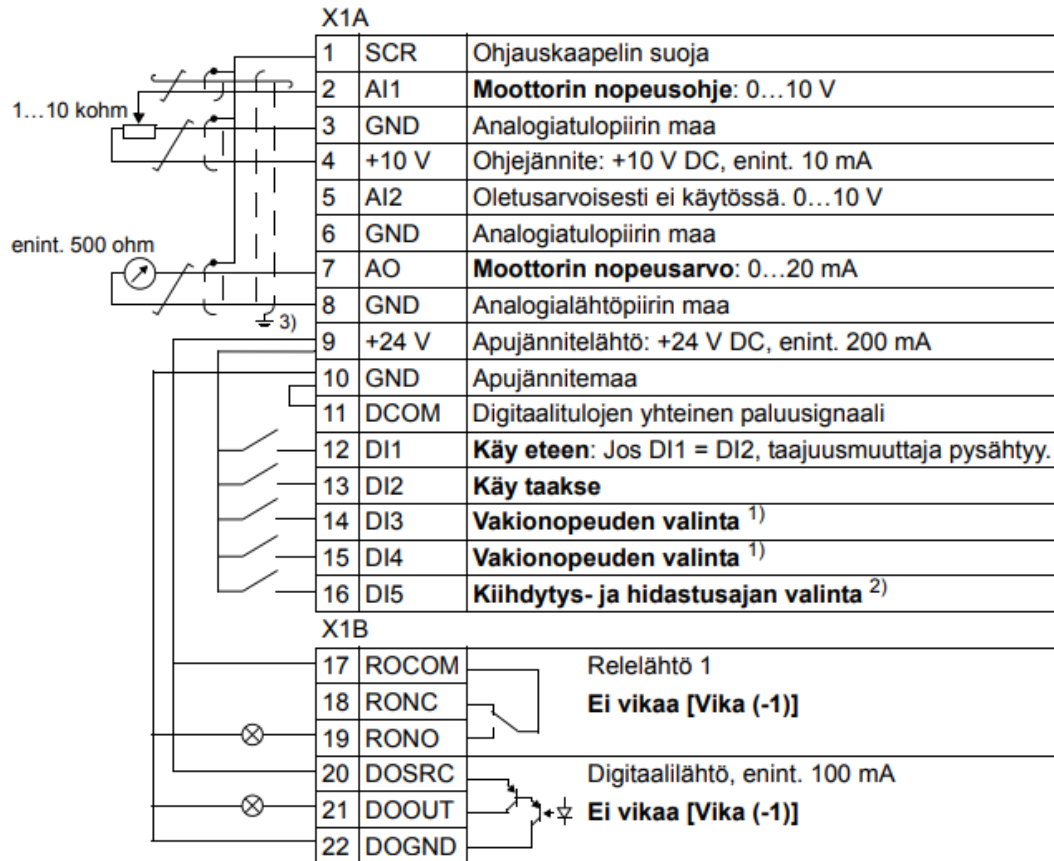


Kuva 15. Alumiiniputket johtoreittinä keskukselta taajuusmuuttajalle.

Teollisuuden kojeissa, kuten taajuusmuuttaja-asennuksissa näkee usein pinta-asenteisia näkyviä johdotuksia, joissa on käytetty johtoreittinä alumiiniputkea. Tätä asennustapaa käytettiin toisen asennusseinän johdotuksissa (kuva 15).

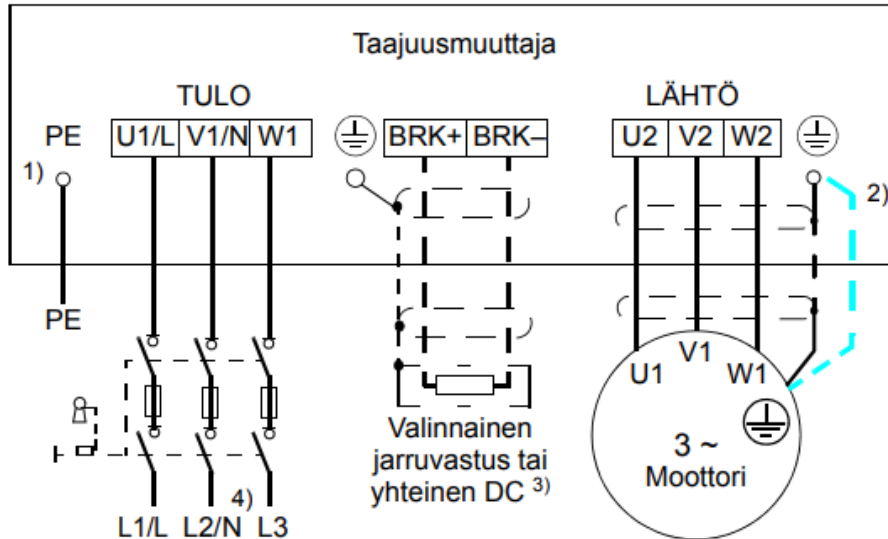
7.5 Taajuusmuuttajan ja moottorin kytkentä

Haluttujen toimintojen saavuttamiseksi, eli tässä tapauksessa sähkömoottorin suunnanvaihdon toteuttamiseksi nokkakytkimen avulla, täytyi selvittää tarpeellinen kytkentä taajuusmuuttajalle. Taajuusmuuttajan sovellusmakroksi valikoitui vaihto-ohjausmakro, jonka oletusarvoiset kytkentäohjeet löytyivät taajuusmuuttajan käyttäjän oppaasta (kuva 16). Tämän ja sähkökeskuksen dokumenttien (liite 1, 3–4 ja 11) perusteella piirrettiin piirikaavio (liite 1, 12), jonka perusteella suoritettiin tarvittavat kytkennät. Ohjauskaapelina tässä kytkennässä käytettiin häiriösuojattua NESMAK 4x2x0.5+0.5 kaapelia.



Kuva 16. I/O-ohjauskytkennät vaihto-ohjausmakrolle [19, 112].

Taajuusmuuttajan syöttö toteutettiin käyttäen H07RN-F 5G2.5 -kaapelia. Syöttökaapeli taajuusmuuttajalta sähkömoottorille toteutettiin häiriösuojatulla YSLYCY-JZ 4x1.5 -kaapelilla. Taajuusmuuttajan ja sähkömoottorin väliin lisättiin myös EMC-suojattu turvakytkin. Päävirtapiirin kytkentä dokumentoitiin piirikaavioon (liite 1, 12) käyttäjän opasta (kuva 17) apuna käyttäen.



Kuva 17. Syöttökaapelin kytkentä [19, 51].

7.6 Taajuusmuuttajan ja moottorin käyttöönotto ja testaus

Ennen laitteiston käyttöönottoa taajuusmuuttajan mekaaniset- ja sähköiset asennukset oli tarkastettava käyttäjän oppaan mukaisesti (kuva 18 ja kuva 19).

Tarkista seuraavat kohdat
MEKAANINEN ASENNUS
<input type="checkbox"/> Käyttöympäristön olosuhteet ovat rajojen sisällä. (Lisätietoja on kohdassa Mekaaninen asennus: Asennuspaikan tarkistaminen sivulla 33 sekä kohdissa Tekniset tiedot: Häviöt, jäähdytystiedot ja melu sivulla 390 ja Käyttöympäristöt sivulla 397.)
<input type="checkbox"/> Laite on asennettu oikein tasaiselle, pystysuoralle, syttymätöntä materiaalia olevalle seinälle. (Lisätietoja on kohdassa Mekaaninen asennus sivulla 33.)
<input type="checkbox"/> Jäähdytysilma pääsee virtaamaan vapaasti. (Lisätietoja on kohdassa Mekaaninen asennus: Vapaa tila taajuusmuuttajan ympärillä sivulla 34.)
<input type="checkbox"/> Moottori ja käytettävä laite ovat käyttövalmiit. (Lisätietoja on kohdassa Sähköasennuksen suunnittelu: Moottorin ja taajuusmuuttajan yhteensopivuuden tarkistaminen sivulla 40 sekä kohdassa Tekniset tiedot: Moottoriliitännät sivulla 393.)
SÄHKÖLIITÄNNÄT (Lisätietoja on kohdissa Sähköasennuksen suunnittelu sivulla 39 ja Sähköliitännät sivulla 49.)
<input type="checkbox"/> Maadoittamattomissa ja epäsymmetrisesti maadoitetuissa verkoissa: Sisäänrakennettu EMC-suodin on kytketty irti. (EMC-ruuvi on irrotettu.)
<input type="checkbox"/> Kondensaattorit on elvytettävä, jos taajuusmuuttaja ei ole ollut käytössä yli vuoteen.

Kuva 18. Asennuksen tarkastuslista [19, 59].

Tarkista seuraavat kohdat	
<input type="checkbox"/>	Taajuusmuuttaja on maadoitettu oikein.
<input type="checkbox"/>	Syöttöjännite vastaa taajuusmuuttajan nimellistä tulojännitettä.
<input type="checkbox"/>	Verkkoliitännät U1/L, V1/N ja W1 on tehty oikein ja kiristetty oikealla momentilla.
<input type="checkbox"/>	Sopivat verkkosulakkeet ja erotin on asennettu.
<input type="checkbox"/>	Moottoriliitännät U2, V2 ja W2 on tehty oikein ja kiristetty oikeaan momenttiin.
<input type="checkbox"/>	Moottorikaapeli, verkkokaapeli ja ohjauskaapelit on vedetty erikseen.
<input type="checkbox"/>	Ulkoiset ohjausliitännät (I/O) on tehty oikein.
<input type="checkbox"/>	Safe torque off (STO) -toiminnon liitännät, toiminta ja reaktio ovat kunnossa.
<input type="checkbox"/>	Ohituskäytössä on tarkistettava, ettei taajuusmuuttajan lähtöliittimiin voi kytkeytyä verkkojännitettä.
<input type="checkbox"/>	Suojakansi ja NEMA 1:n suojus ja kytkentäkotelo ovat paikoillaan.

Kuva 19. Asennuksen tarkastuslista [19, 60].

Asennusten tarkastuksen jälkeen kytkettiin laitteistolle jännite ja aloitettiin taajuusmuuttajan käyttöönotto. Koska käytössämme olevassa taajuusmuuttajassa on Assistant-ohjauspaneeli, voitiin käyttää ohjattua käyttöönottoa.

Käyttäjän opasta [19] apuna käyttäen syötettiin sähkömoottorin tyyppikilvestä tarvittavat arvot taajuusmuuttajalle, joita olivat moottorin virta, jännite, teho sekä pyörimisnopeus. Lisäksi valittiin käyttöön kytkentää vastaava sovellusmakro, eli vaihto-ohjausmakro.

Nyt laitteisto oli valmis testattavaksi. Moottorin käynnistyksessä ilmeni ongelmia, sillä taajuusmuuttajaan tuli vikakoodi maasulku. Valmistajan teknistä tukea apuna käyttäen saatiin tieto, että kyseessä on yleinen vika, joka ilmenee, jos taajuusmuuttajalle syötetty moottorin virta-arvo on yhtä suuri tai pienempi kuin 0,5A. Ongelma saatiin korjattua nostamalla syötettyä virta-arvoa.

Nyt moottori saatiin pyörimään halutulla tavalla. Nokkakytkimestä moottori vaihtoi suuntaa ja käynnistyi. Merkkilampuista sininen ja vihreä ilmaisivat kumpaankin suuntaan moottori pyöri. Lisäksi punainen merkkilamppu syttyi mahdollisen häiriön tai vikatilanteen ilmaisemiseksi.

7.7 Laboratorion sähkönsyötön järjestely

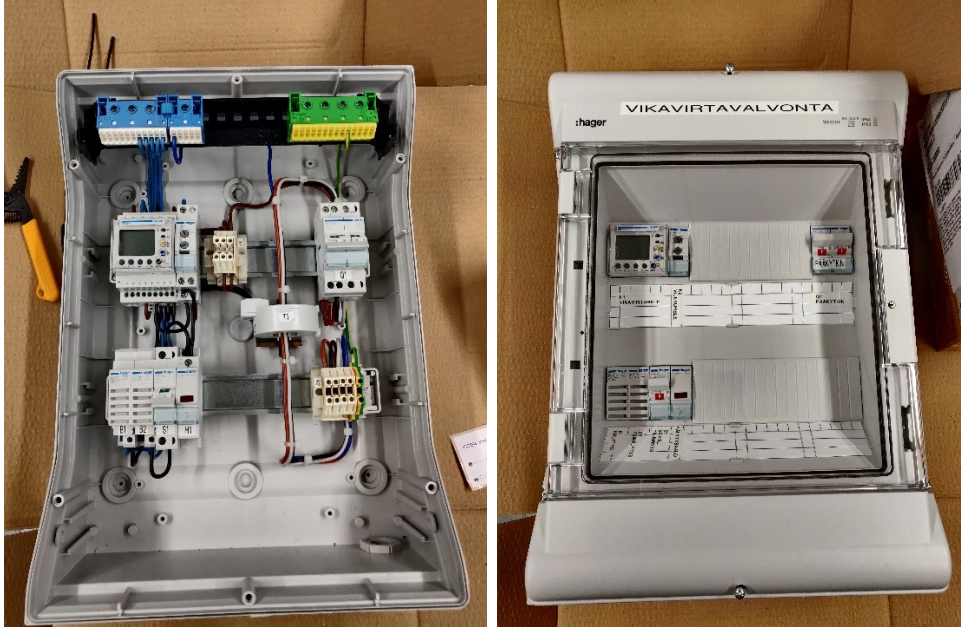
Ensimmäisessä asennusseinässä tehtäviä harjoituksia varten oli mietittävä käyttöönottotarkastusten mittausta sekä siihen liittyviä tekijöitä. Kaikki muut mitaukset onnistuisivat moitteettomasti paitsi vikavirtasuojan toiminta-ajan ja -virran mittaus. Sähkölaboratorion sähkönsyöttö on toteutettu standardin SFS 6000-8-803 [7, 7] mukaan ”syötön automaattisella poiskytkennällä käyttäen lisäsuojauksena mitoitustoimintavirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa”.

Ensimmäisessä asennusseinässä käytetään laitteita, joissa ei normaalisti käytetä lisäsuojauksia esim. kiuas. Tämän laitteen käyttäminen voi aiheuttaa vikavirtasuojakytkimen aiheuttoman laukaisun. Lisäksi asennusseinän keskuksessa on oma vikavirtasuojakytkin, jota käytetään suojaamaan asennusseinän asennuksia, joissa lisäsuojaus vaaditaan. Tämän vikavirtasuojan testaaminen muodostuu hankalaksi mittalaitteella, koska testauksen aikana myös sähkölaboratorion kiinteän sähkönsyötön vikavirtasuojakytkin voi reagoida. Tällöin ei voida olla varmoja kumpi vikavirtasuojakytkin reagoi ensin ja kumpaa vikavirtasuojakytkintä mittaustulokset koskevat.

Tämä edellä mainittu käyttötilanne kuvataan standardissa SFS 6000-8-803 [7] seuraavalla tavalla:

Jos vikavirtasuojan toiminta voi estää varsinaisen korjauksen tai testauksen esim. käyttöönottotarkastusten harjoittelun suorittamisen, vikavirtasuojien käytön sijasta voidaan tilan erikoiskäytössä käyttää vikavirtavalvontalaitetta. Erikoiskäyttötila tulee rajata mahdollisimman pienelle alueelle. Erikoiskäyttötilaan siirtyminen saa tapahtua vain avaimen avulla tai vastaavalla tavalla ja tiloissa pitää erikoiskäyttötilassa olla jatkuva valvonta. [7, 7.]

Sähkölaboratorioon tuli siis järjestää vikavirtavalvontalaitteet pistorasialle, josta asennusseinää syötettäisiin.



Kuva 20. Vikavirtavalvonta -yksikkö.

Sähkölaboratorioon suunniteltiin vikavirtavalvonta -yksikkö (kuva 20), jonka alapuolelle asennettaisiin lukittava turvakytkin ja 3 -vaiheinen pistorasia. Pistorasia tulisi myös merkitä standardin [7] edellyttämällä tavalla:

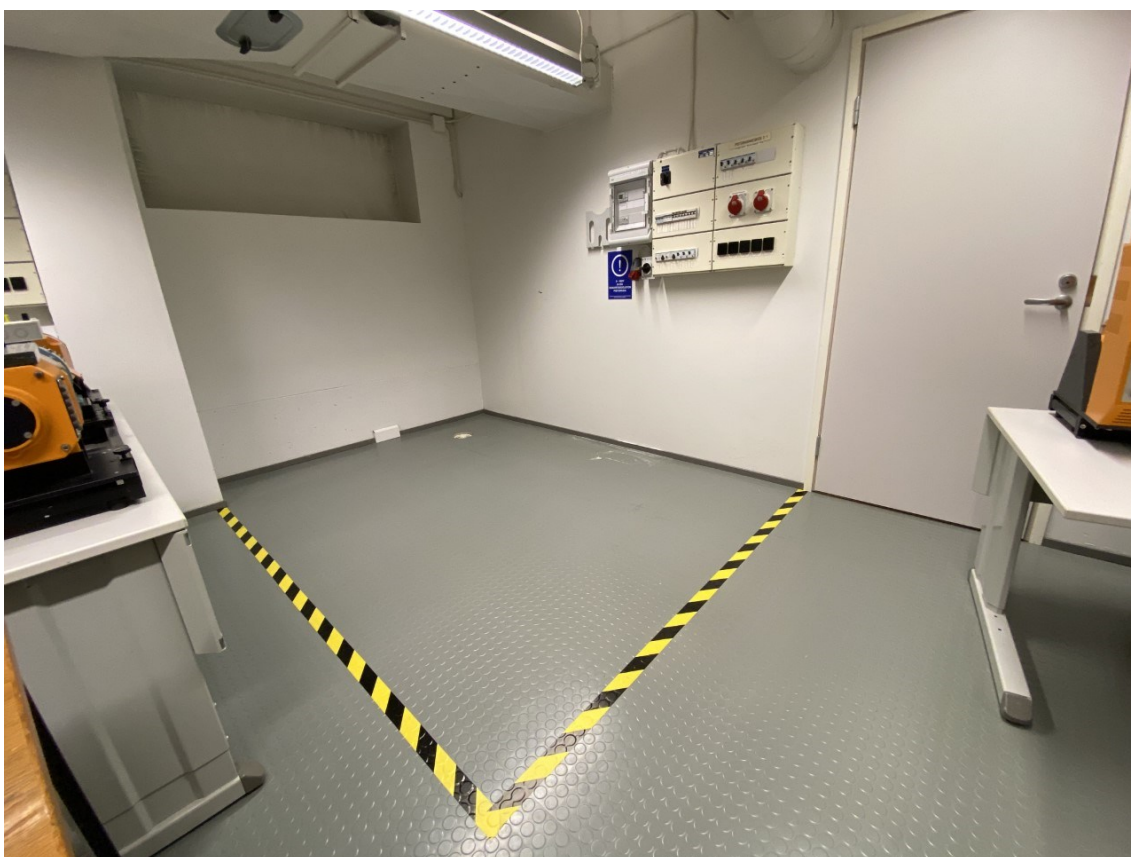
Työskentelypaikalla olevat pistorasiat on merkittävä siten, että merkinnöistä selviää riittävät tiedot (jännite, teho tai virta ja suojaustapa). [7, 8.]



Kuva 21. Pistorasian merkintäkilpi.

Merkintäkilpeen lisättiin standardin vaatimusten lisäksi selkeälukuinen teksti ”vikavirtasuojaton pistorasia” ja huutomerkillä varustettu huomiosymboli. Kilpeen lisättiin myös maininta rajatusta käyttöalueesta (kuva 21).

Vikavirtavalvonta -yksikkö suunniteltiin antamaan hälytys audiovisuaalisin keinoin standardin SFS 6000-4-41 [10, 7] mukaan, kun laitteet havaitsevat asetellun vikavirran rajan ylittyneen. Yksikkö suunniteltiin antamaan esihälytys rytmitettyllä äänimerkillä ja vilkkuvalolla, kun etukäteen asetellusta arvosta täytyisi puolet. Kun etukäteen aseteltu arvo ylittyisi, yksikkö antaisi lisäindikaation täydestä hälytyksestä voimakkaalla jatkuvalla äänimerkillä.



Kuva 22. Vikavirtasuojattoman pistorasian rajattu käyttöalue.

Vikavirtasuojattomalle 3 -vaiheiselle pistorasialle tuli rajata standardin [7, 7] mukaan erikoiskäyttötila. Erikoiskäyttötilan rajaaminen tehtiin lattiaan teipatuilla merkinnöillä, jotka rajattiin mahdollisimman pienelle alueelle (kuva 22). Lukittavalla turvakytkimellä varmistettiin, että erikoiskäyttötilaan siirtyminen tapahtuu vain avaimen avulla (kuva 23).



Kuva 23. 3 -vaiheinen pistorasia sekä lukittava turvakytin.

Vikavirtavalvonta -yksikkö asennettiin sähkölaboratorion ”pistorasiakeskus 2.4” viereen (kuva 24). Paikallinen sähköurakoitsija suoritti asennustyöt opinnäytetyössä laadittujen suunnitelmien pohjalta (liite 1, 13–15) sekä paikallisen suunnittelutoimiston laatimia taso- ja keskuskaaviopiirustuksia noudattaen.



Kuva 24. Vikavirtavalvonta -yksikkö asennettuna.

7.8 Työohjeet

Asennusseiniä varten laadittiin neljä kappaletta työohjeita oppilaiden käyttöön. Työohjeiden laadinnassa tukena käytettiin ST-KÄSIKIRJA 34 [17] ohjeita. Käsikirjan [17] kappaleita aistinvaraisista tarkastuksista korostettiin tarpeen vaatiessa työvaiheita selitettäessä. Työohjeissa tukena käytettiin myös opinnäytetyön tekijöiden omaa sähköalan kokemusta. Työohjeet laadittiin toimeksiantajan käyttöön, joten niitä ei tässä opinnäytetyössä julkaista.

Ensimmäisen asennusseinän työohjeiden aiheiksi valikoitui normaaleissa kiinteistöissä esiintyviä valaistus- ja sähkölaitekytkentöjä. Tarkoituksena oli laatia oppilaan omaa sähköalan kokemusta mukailevia töitä. Yksinkertaisin ja perusteellisin työohje niille, joilla kokemusta sähköalasta ei ole. Hieman haastavampia ja ei niin perusteellisia työohjeita kaksi kappaletta niille, joilla jo löytyy omaa sähköalan työkokemusta. Myös oppilaan sähköalan kokemuksen kehittäminen nollatasosta ylöspäin olisi näillä työohjeilla mahdollista, rytmittäen tehtävät työt yksinkertaisesta haastavampiin. Alapuolella on lueteltu ensimmäistä asennusseiniä varten laadittujen työohjeiden aiheet helpoimmasta vaikeimpaan:

- Kahden painikkeen valokatkaisin ja käyttöönottomittaukset
- Käytäväkytkentä kahdella eri tapaa ja käyttöönottomittaukset
- Lämmityskuormien vuorottelu ja käyttöönottomittaukset

Toista asennusseiniä varten laadittiin työohje, jossa oppilaan tulisi ottaa taajuusmuuttajalla ohjattu moottori käyttöön ja syöttää taajuusmuuttajaan sille tarvittavat parametrit ja ohjaustapa taajuusmuuttajan käyttäjän opasta [19] hyödyntäen. Oppilaan tulisi todeta moottorin ja ohjaustavan oikeaoppinen toimivuus aistinvaraisesti.

7.9 Dokumentointi

Opinnäytetyössä laadittiin tilaajaan käyttöön luovutuspiirustukset (liite 1). Piirustussarjaan laadittiin 14 piirustusta, joissa esitetään muun muassa asennusseinien mittapiirustus sekä seinien sisältämien sähköasennusten kokoonpanopiirustukset. Sarjassa esitetään myös seinien sähkökeskusten tarvittavat keskus- ja piirikaaviot. Siinä on lisäksi dokumentoitu opinnäytetyössä suunniteltu vikavirtavaltvonta -yksikkö kokoonpanopiirustuksen ja piirikaavion muodossa.

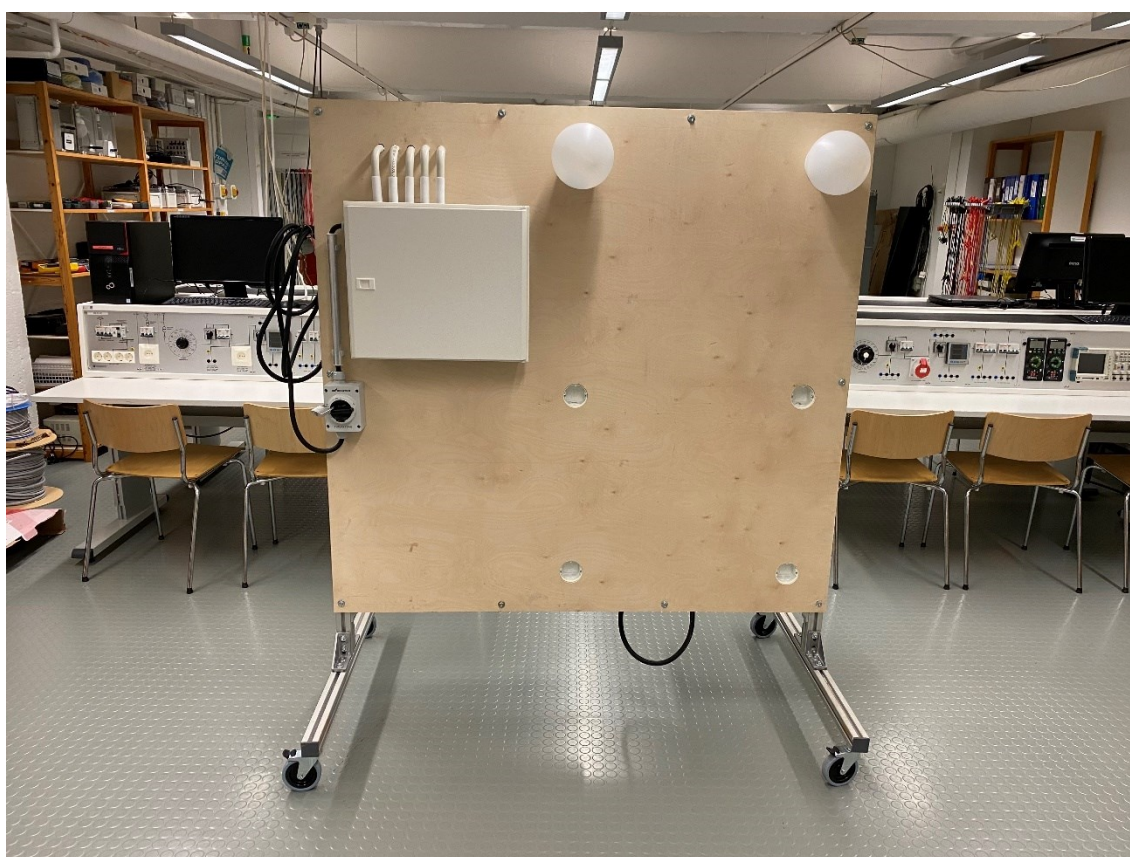
Sarjaan kuuluvat asiakirjat on lueteltu alla:

1	ASIAKIRJALUETTELO
83657_1	KESKUSLAYOUT, RK MINI U2D
84332_1	KESKUSLAYOUT, RK 2R
KOJEL_RK_2R	KOJELUETTELO, RK 2R
KOJEL_RK_MINI_U2D	KOJELUETTELO, RK MINI U2D
0001	MITTAPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄT
0002	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 1, PUOLI 1
0003	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 1, PUOLI 2
0004	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 2, PUOLI 1
4001	KESKUSKAAVIO, RK MINI U2D
4002	KESKUSKAAVIO, RK 2R
4002P	PIIRIKAAVIO, RK 2R
4003	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN VIKAVIRTAVALVONTA
4003P	PIIRIKAAVIO, OPPIMISYMPÄRISTÖN VIKAVIRTAVALVONTA

Taulukko 1. Luovutuspiirustuksiin sisältyvät asiakirjat (liite 1, 1).

8 Yhteenveto rakennetusta laitteistosta

Ensimmäinen asennusseinä rakennettiin ajatuksella, että se koostuisi useimpien asuinrakennuksissa sijaitsevista sähkölaitteista, asennustarvikkeista ja komponenteista. Ensimmäisen seinän puolella 1 (kuva 25) näkyy keskus, josta saadaan syöttö seinän laitteistolle. Kuvassa 25 näkyvät myös valaisimet sekä kojerasiat, joihin opiskelijat tulevat harjoituksissa itse asentamaan kytkimet ja pistorasiat työohjeiden mukaisesti.



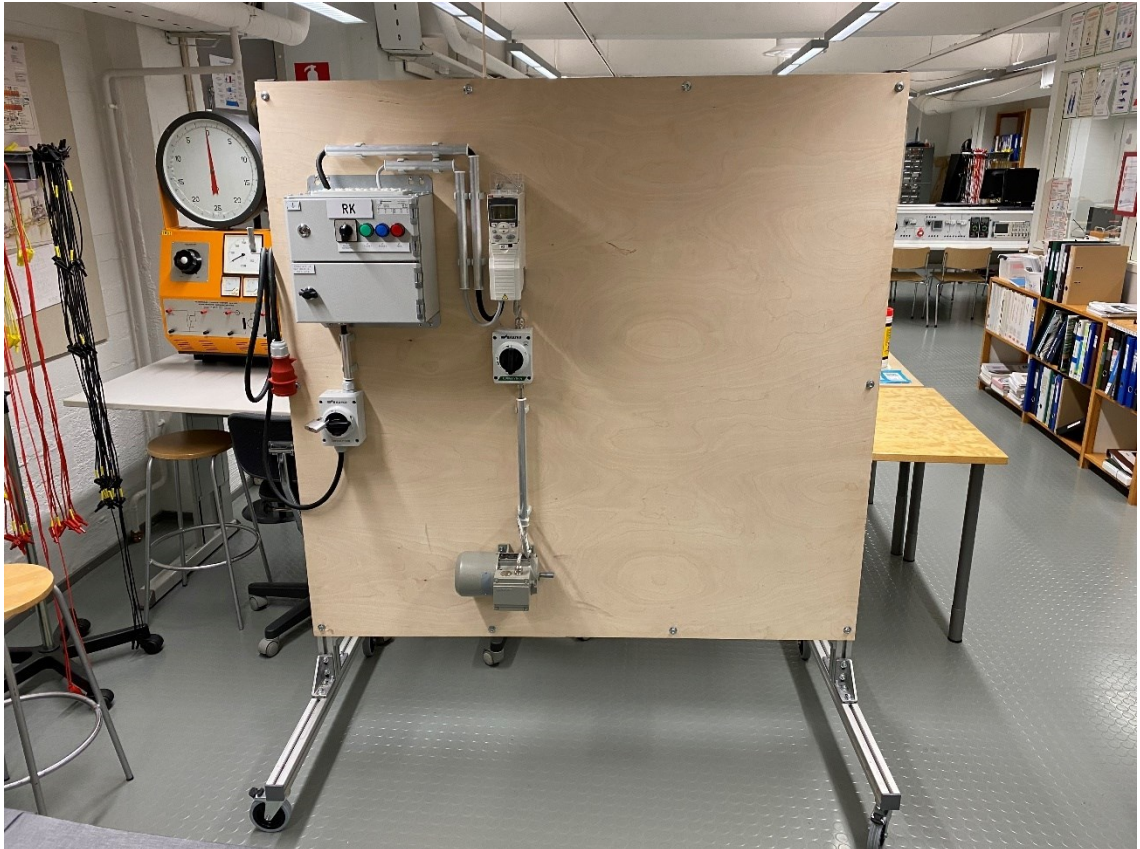
Kuva 25. Ensimmäinen asennusseinä, puoli 1.

Kuvassa 26 näkyy ensimmäisen asennusseinän puoli 2, jossa on sähkökiuas ja -lämmitin. Näille opiskelijoiden olisi tarkoitus toteuttaa ohjaus, jonka avulla sähkölämmitin sammuu silloin, kun kiuas laitetaan päälle. Samaa periaatetta on käytetty ja käytetään edelleen vuorottelemaan erilaisia lämmityskuormia esimerkiksi sähkölämmitteisissä pientaloissa. Periaate soveltuu joiltain osin myös esim. käytettäväksi kuormanhallinnassa sähköautonlatauspisteen ja suurien lämmityskuormien välillä pientalokohteissa, joissa sähköliittymän ylikuormittaminen on mahdollista.



Kuva 26. Ensimmäinen asennusseinä, puoli 2.

Toinen asennusseinä rakennettiin ajatellen teollisuuden sähköasennuksia (kuva 27). Teollisuudessa usein näkee alumiiniputkilla toteutettuja pinta-asennuksia, taajuusmuuttajia, nokkakytkimiä ja merkkilamppuja. Tässä työssä opiskelijat saavat tutustua taajuusmuuttajan ohjelmointiin käyttäjän oppaan [19] avulla sekä sähkömoottoriin ja sen tyyppikilpeen.



Kuva 27. Toinen asennusseinä.

Kokonaisuutena syntyi kaksi tukevaa ja helposti siirrettävää asennusseinää, joita on mahdollisuus laajentaa jälkikäteen. Asennusseinät jäivät Karelia-ammattikorkeakoulun käyttöön sähkölaboratoriotiloihin ja ne otetaan tulevaisuudessa käyttöön osaksi opetusta.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa ja suunnitella tosielämän sähköasennuksia mukaileva sähkötekkinen oppimisympäristö osaksi jo olemassa olevaa oppimisympäristöä Karelia-ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriotiloissa. Työssä pystyttiin vaikuttamaan eniten oppimisympäristön pedagogisiin menetelmiin, koska fyysinen oppimisympäristö oli jo olemassa. Fyysinen oppimisympäristö sai uusia pedagogisia työskentelyvälineitä.

Työn seurauksena oppimisympäristön pedagogisiin menetelmiin sisällytettiin standardien ja lakien mukainen sähköasennuksien harjoittelu oikeilla asennustarvikkeilla, joka antaa oppilaille tärkeää kokemusta ja näkemystä sähköalan yleisimmistä ratkaisuista. Nämä ovat suuressa roolissa alalla toimiessa. Työohjeiden pedagogisissa menetelmissä hyödynnettiin opinnäytetyöntekijöiden omaa sähköalan kokemusta miettien, mikä tekijöiden oppimispolussa oli haasteita tuottavaa ja eniten hyödyllistä.

Työtä tehtäessä ja suunnitellessa huomioitiin asennusseiniä elinkaari. Töistä haluttiin rakentaa mahdollisimman pitkäikäinen ja käyttöä kestävä. Ensimmäinen asennusseinä, jossa sähköasennuksia käytännössä harjoitellaan, rakennettiin sähköjen osalta uppoasenteiseksi, jotta seinäpinnat eivät kärsisi vuosia kestävästä opetuskäytöstä. Molempien asennusseiniä sähkökeskukset suunniteltiin moduulikojeilla kalustettaviksi, jotta niihin voidaan ajan kuluessa tehdä päivityksiä. Toiseen asennusseiniin jäi toiselle puolelle tyhjää tilaa, jotta siihen voidaan suunnitella lisää erilaisia moottorikäyttöjä.

Elinkaari -myönteiset suunnitteluratkaisut antavat työlle paljon jatkokehitysmahdollisuuksia. Asennusseiniin voidaan suunnitella tulevaisuudessa lisää työohjeita ja jo olemassa olevia voidaan muokata tarpeen niin vaatiessa.


Lähteet

1. Karelia-ammattikorkeakoulu. 2021. Tietoa Kareliasta. <https://www.karelia.fi/tutustu-meihin>. 6.10.2021.
2. Karelia-ammattikorkeakoulu. 2021. Insinööri (AMK), talotekniikka. <https://www.karelia.fi/insinööri-talotekniikka>. 6.10.2021.
3. Majoinen, J. 2019. Toimintakulttuuri, resurssit ja pedagogia: oppilaan tukea edistävät ja vaikeuttavat tekijät fyysisessä, sosiaalis-pedagogisessa ja teknologisessä oppimisympäristössä. Jyväskylä: Grano Oy.
4. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.
5. Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttäytymisestä 1435/2016.
6. SFS 6002:2015 + A1:2018. 2018. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
7. SFS 6000-8-803:2017. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaittekorjaamot ja laboratoriot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
8. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 21.12.2016/1436.
9. SFS-EN 61439-1. 2013. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
10. SFS 6000-4-41:2017. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
11. UTU Oy. 2021. Maavuoto- ja vikavirtareleet. <https://www.utu.eu/komponentit/vikavirta-ja-valvontareleet/maavuoto-ja-vikavirtareleet>. 12.10.2021
12. Ahoranta, J. 2012. Sähköasennustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
13. ST 53.12. 2020. Vikavirtasuojat. Espoo: Sähköinfo Oy.
14. ST 715.00. 2018. Taajuusmuuttajakäytöt. Yleistä. Espoo: Sähköinfo Oy.
15. ST 715.30. 2018. Taajuusmuuttajakäytöt rakennusautomaatiossa. Asennus ja käyttöönotto. Espoo: Sähköinfo Oy.
16. Ahoranta, J. 2016. Sähkötekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

17. ST-KÄSIKIRJA 34. 2020. Hyvät asennustavat Sähkö- ja tietotekniset järjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

18. ST 51.21.05. 2019. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Espoo: Sähköinfo Oy.

19. ABB Oy. 2012. ACS355 Käyttäjän opas. https://library.e.abb.com/public/f91fdaaf86ea44539d5b877bd93637fe/FI_ACS355_UM_D.pdf. 7.10.2021.

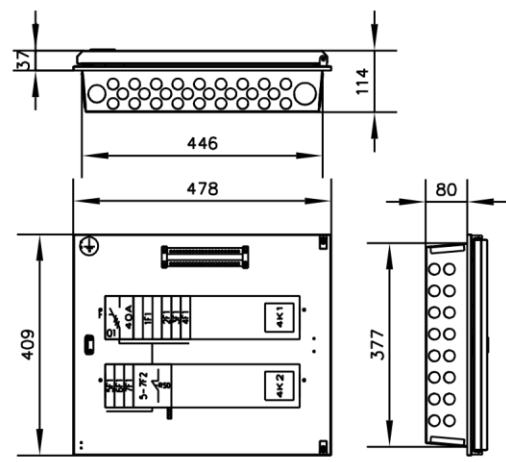
Asiakirjaluettelo						
		Rakennuskohteen nimi ja osoite OPPIMISYMPÄRISTÖ, OPINNÄYTETYÖ Karelia ammattikorkeakoulu Karjalankatu 3, 80200, JOENSUU				
	Suunnitteluala SAH	Piirustuslaji Luovutuspiirustus	Suunnittelija AK/JK	Laadinta pvm. 21.10.2021		
Piirustusnumero	Piirustuksen sisältö	Tiedostonimi	Ohjelmisto	Mittakaava	Lehtiä	Päivämäärä
1	ASIAKIRJALUETTELO	1. Asiakirjaluettelo	Excel		1	21.10.2021
83657_1	KESKUSLAYOUT, RK MINI U2D	83657_1	Cadmatic	1:14	1	21.10.2021
84332_1	KESKUSLAYOUT, RK 2R	84332_1	Cadmatic	1:14	1	21.10.2021
KOJEL_RK_2R	KOJELUETTELO, RK 2R	KOJEL_RK_2R	Excel		1	21.10.2021
KOJEL_RK_MINI_U2D	KOJELUETTELO, RK MINI U2D	KOJEL_RK_MINI_U2D	Excel		1	21.10.2021
0001	MITTAPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄT	S0001	Cadmatic	1:15	1	21.10.2021
0002	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 1, PUOLI 1	S0002	Cadmatic	1:15	1	21.10.2021
0003	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 1, PUOLI 2	S0003	Cadmatic	1:15	1	21.10.2021
0004	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN ASENNUSSEINÄ 2, PUOLI 1	S0004	Cadmatic	1:15	1	21.10.2021
4001	KESKUSKAAVIO, RK MINI U2D	S4001	Cadmatic		1	21.10.2021
4002	KESKUSKAAVIO, RK 2R	S4002	Cadmatic		1	21.10.2021
4002P	PIIRIKAAVIO, RK 2R	S4002P	Cadmatic		1	21.10.2021
4003	KOKOONPANOPIIRUSTUS, OPPIMISYMPÄRISTÖN VIKAVIRTAVALVONTA	S4003	Cadmatic	1:10	1	21.10.2021
4003P	PIIRIKAAVIO, OPPIMISYMPÄRISTÖN VIKAVIRTAVALVONTA	S4003P	Cadmatic		2	21.10.2021

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S												

A muutos
B muutos
C muutos
D muutos
E muutos
F muutos
G muutos
H muutos
J muutos
K muutos
L muutos
M muutos
N muutos
O muutos
P muutos
R muutos
S muutos

Osostointi: 2-4
 EMC- ympäristö: A JA B

Standardi: SFS-EN 61439-2/3
 Jokelu järjestelmä: TN-



GOSSUTEK OY
 Teollisuustie 5, 75530 Nurmes
 etunimi.sukunimi@gossu.com p.050 4317049

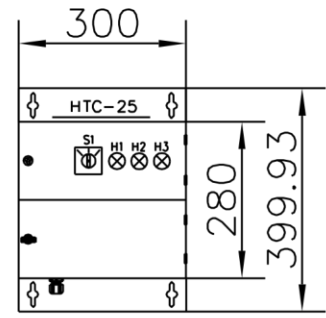
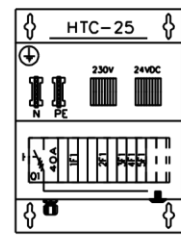
KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU
 KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU
 KARJALANKATU 3, 80200 JOENSUU

Kohde	Tyyppi GOSSU MINI U2D	Keskus	RK
No.	83657		
Un	400 V	In	25 A
In	50 Hz	Icw	<10 kA
IP	20	Ipk	<17 kA

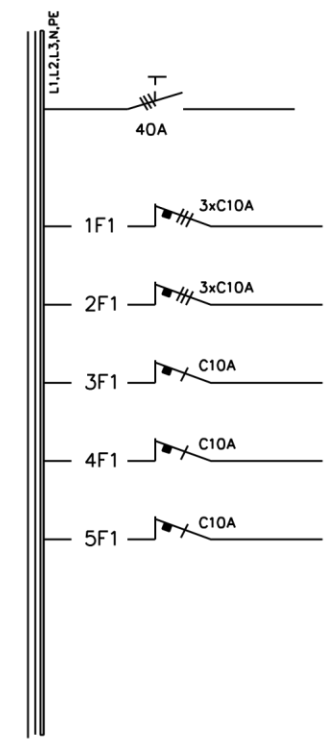
Suunn.	17.6.2021	Lehti	/	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.	TR	Leveys	478	Korkeus	409
A3 A4	1:10 1:14	Syvyys	37+80		

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S											

Liite 1, 3(15)




OHJ, L: t RIVILIITTIMIIN, N JA PE TUNNELILIITTIMIIN.
 SYÖTTÖKAAPELILLE VEDONPOISTOHOLKKI ALHAALLA (M25)




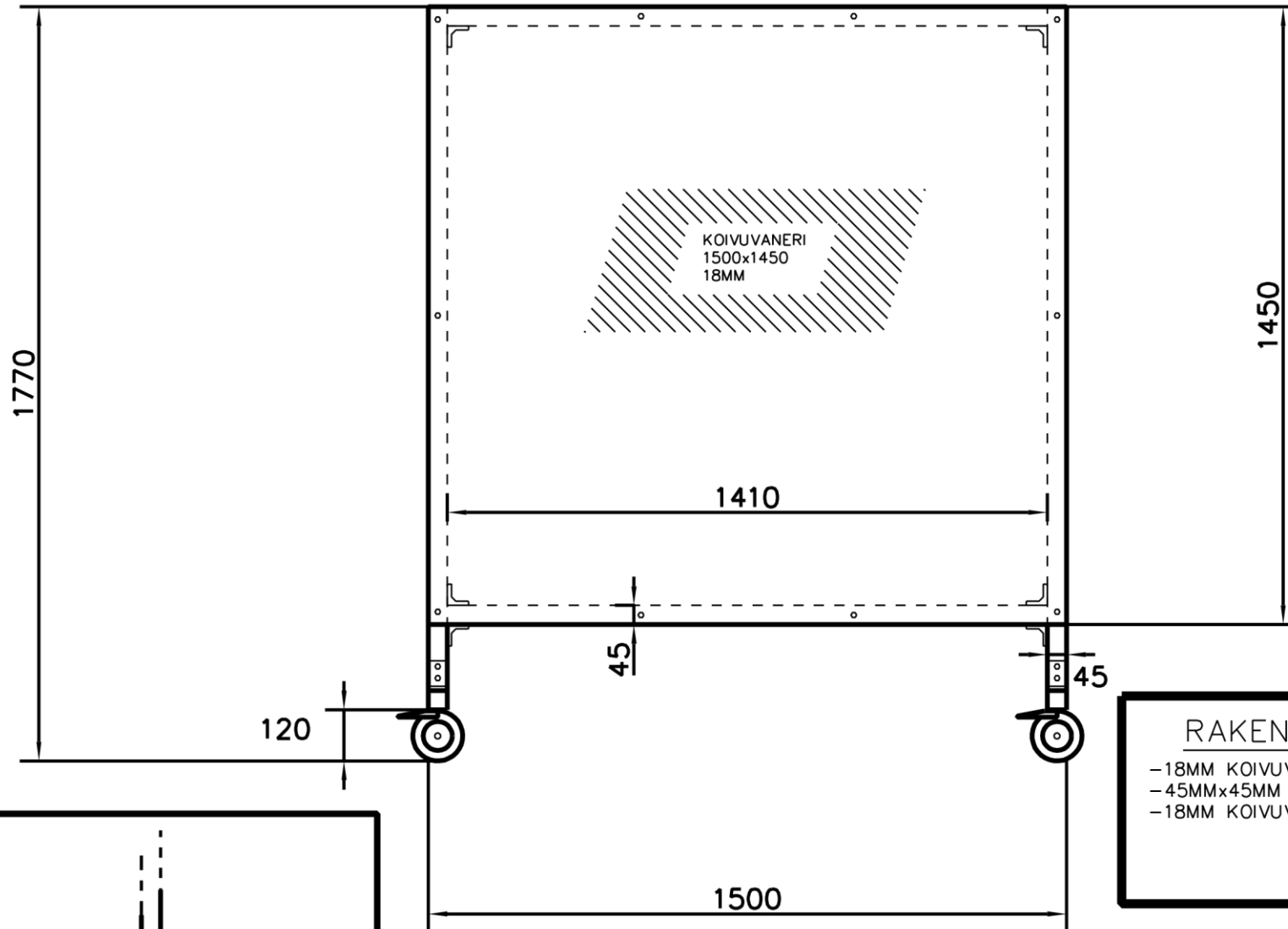
A muutos	B muutos	C muutos	Teollisuustie 5, 75530 Nurmes etunimi.sukunimi@gossu.com p.050 4317049	KARELIAN AMK, OPPIMISYMPÄRISTÖ		Kohde	Tyyppi GOSSU 2R	Keskus	RK	Suunn.	Lehti	Sähköpositio	Työnumero
				KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU		Tiloojo	No. 84332	Un 400 V	In 25 A	Piirt.	Leveys	Korkeus	Syvyys
				KARJALANKATU 3, 80200 JOENSUU		fn 50 Hz	l _{cw} <10 kA	HR	300	280	175		
						IP 34	l _{pk} <17 kA	A3 A4	1:10	1:14			

Kojeluettelo

Työnumero: 84332		Keskus: RK 2R		 <small>Teollisuustie 5, 75530 Nurmes etunimi.sukunimi@gossu.com p.050 431 7049</small>
Kohde: KARELIAN AMK, OPPIMISYMPÄRISTÖ		Tilaaaja: KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU KARJALANKATU 3, 80200 JOENSUU		
Tunnus	Nimi	Tyyppi	Valmistaja	Gossu koodi
1F1	3C10 6KA PLS6-C10/3 JOHDONSUOJA	110784	EATON	EATON10061
2F1	3C10 6KA PLS6-C10/3 JOHDONSUOJA	110784	EATON	EATON10061
3F1	1C10 6KA PLS6-C10 JOHDONSUOJA	285452	EATON	EATON10036
4F1	1C10 6KA PLS6-C10 JOHDONSUOJA	285452	EATON	EATON10036
5F1	1C10 6KA PLS6-C10 JOHDONSUOJA	285452	EATON	EATON10036
H1	LED KANTEEN 24VAC/DC VIHREÄ IP65	AD22-22DS-GREEN-24V		PEREL0214
H2	LED KANTEEN 24VAC/DC SININEN IP65	AD22-22DS-BLUE-24V		PEREL0217
H3	LED KANTEEN 24VAC/DC PUNAINEN IP65	AD22-22DS-RED-24V		PEREL0215
LAIPPA	Läpivientilaippa	HTC-25 Läpivientilaippa	HT Hi Tech Polymers Oy	
N RIMA	N-KISKO 7x	S1901359	FTG	SELP2224
PE RIMA	PE-KISKO 7x16	SPE2020206	FTG	SELP2221
Q1	ZP-A40/3 3-POL. PÄÄKYTKIN 40A	248265	EATON	EATON02003
S1	A-0-K 1-N KESKIO	3604415	SONTHEIMER	HED00407
VEDENPOISTONIPPA				
VEDONPOISTOHOLKKKI	M25 METALLI			

Kojeluettelo

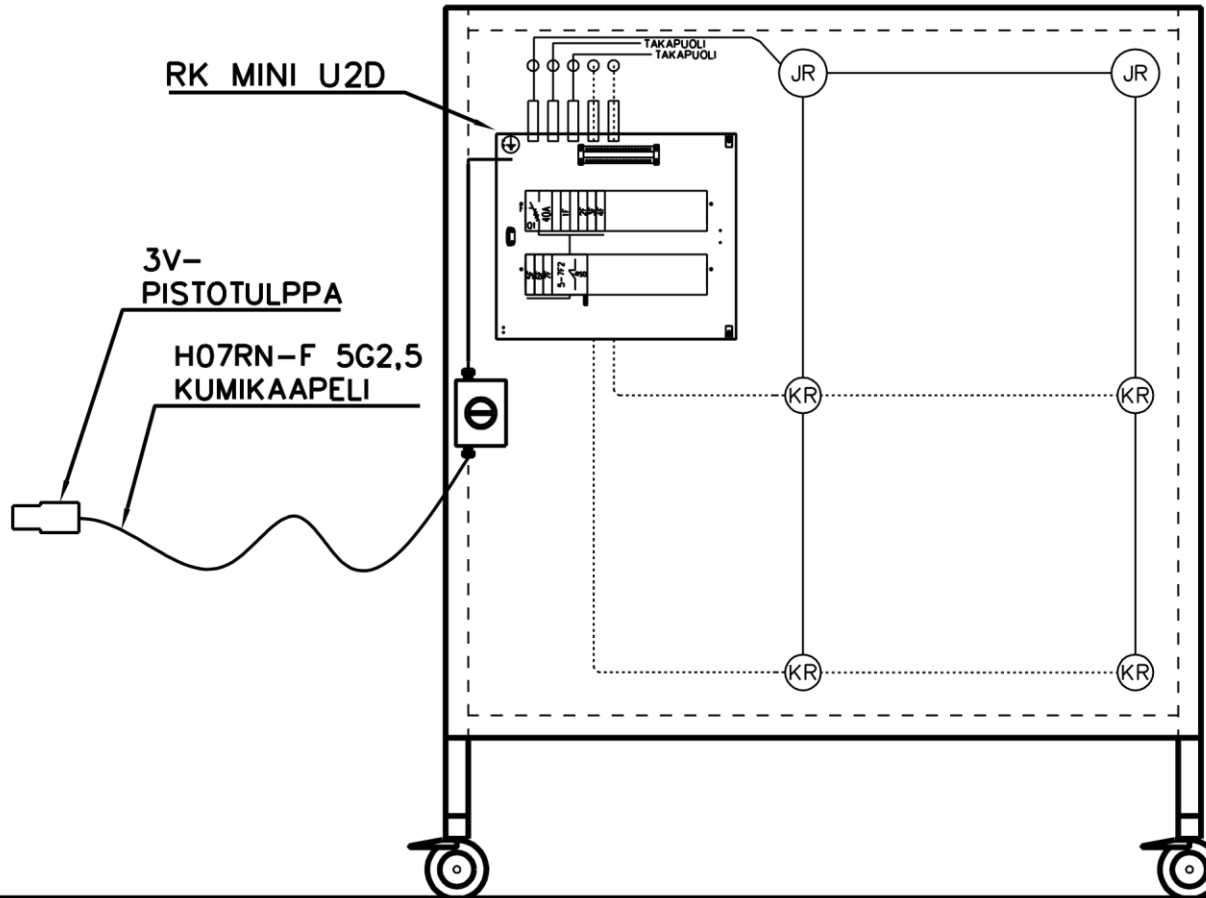
Työnumero: 83657		Keskus: RK MINI U2D		 <small>Teollisuustie 5, 75530 Nurmes etunimi.sukunimi@gossu.com p.050 431 7049</small>
Kohde: KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU		Tilaaaja: KARELIAN AMMATTIKORKEAKOULU KARJALANKATU 3, 80200 JOENSUU		
Tunnus	Nimi	Tyyppi	Valmistaja	Gossu koodi
1F1	3B13 6KA Johdonsuojakatkaisija Xpole	PLS6-B13/3-MW	EATON, Moeller series	
2F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
3F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
4F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
5-7F2	40A 4N 30mA VIKAVIRTA PFIM-40/4/003-A	110781	EATON	EATON03002
5F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
6F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
7F1	1B10 6KA PLS6-B10 JOHDONSUOJA	110782	EATON	EATON10009
Q1	ZP-A40/3 3-POL. PAAKYTKIN 40A	248265	EATON	EATON02003
4K1	MINIKONTAKTORI B6-30-01		ABB	
4K2	MINIKONTAKTORI B6-30-10		ABB	






RAKENNE

- 18MM KOIVUVANERI
- 45MMx45MM URITETTU ALUMIINIPROFIILI
- 18MM KOIVUVANERI

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.oso/Kytö	Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä		
OPINNÄYTETYÖ				MITTAPIIRUSTUS		
Karelia ammattikorkeakoulu Korjankatu 3, 80200 Joensuu Sähkövoimatekniikan laboratorio				Mittapiirustus Oppimisympäristön osenuusseinät		MK: 1:15
Pvm 21.10.2021			Työnumero		Tilaojan numero	
Piirt. AK/JK						
Suunn. AK/JK						
Tark.					Piiustusnumero	
Yht.Hiö					Muutos	
Lehti			SÄH		0001	



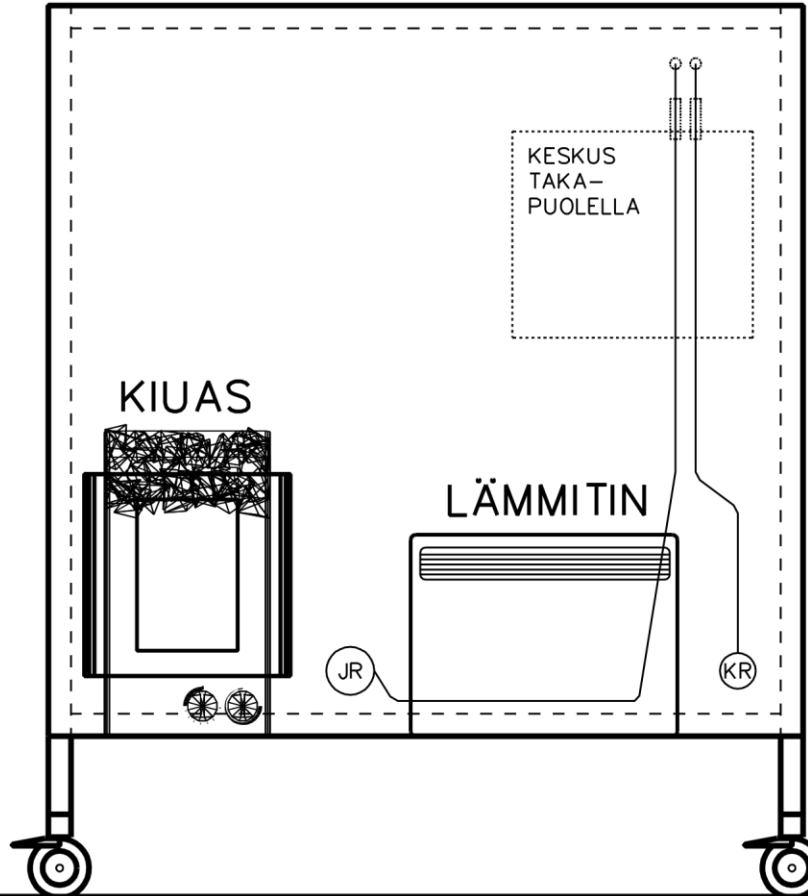
SELITYS

-  = JAKORASIA 95MM
-  = KOJERASIA 71MM
- = JM20 ASENNUSPUTKI, AIHIOT AUKAISEMATTOMANA ASENNETTU
- = JM20 ASENNUSPUTKI, AIHIOT AUKAISTUNA ASENNETTU
- = JAPP 25 ALUMIINIPUTKI, PINTA-ASENNETTU
-  = LUKITTAVA TURVAKYTKIN

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

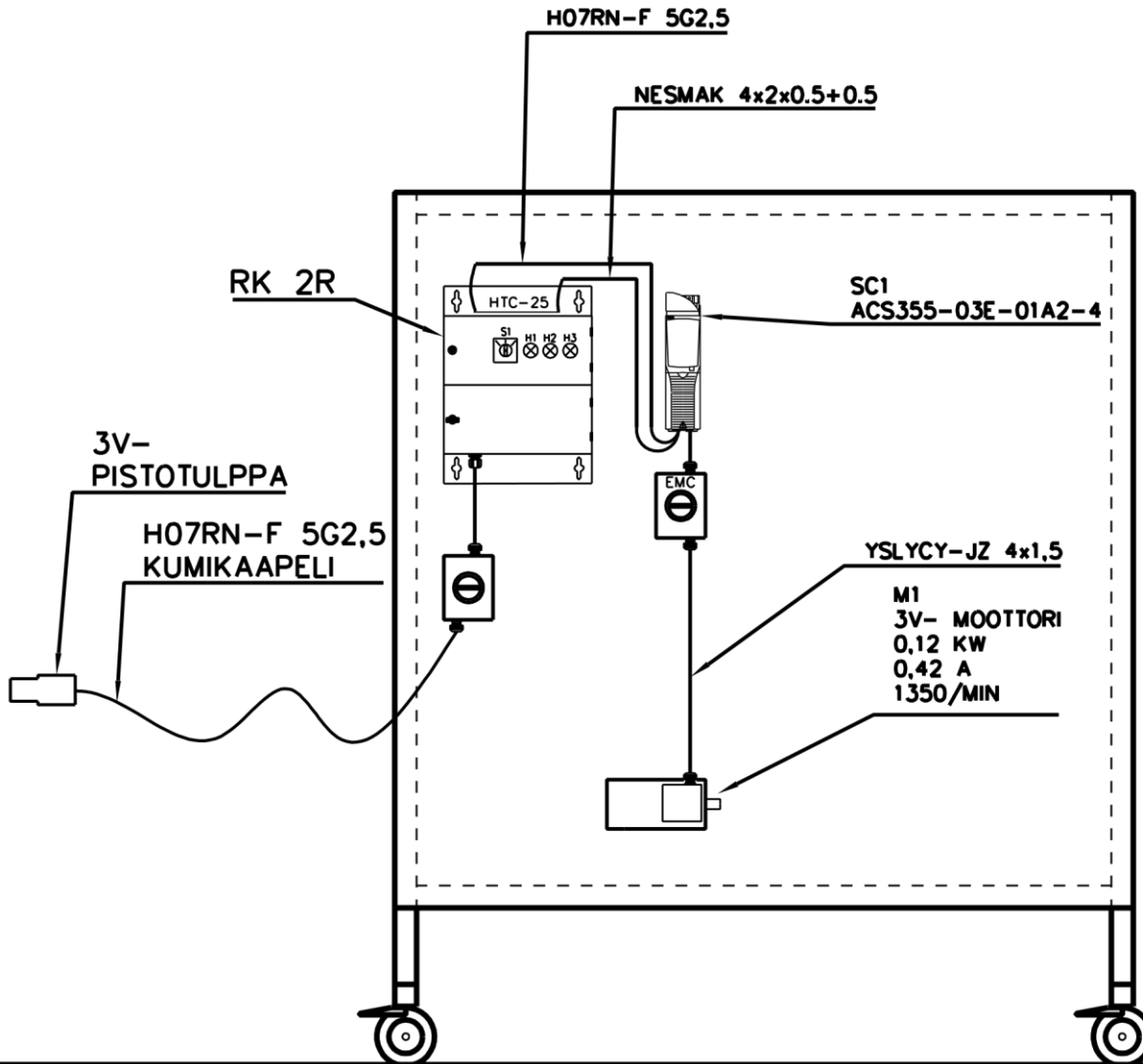
Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim. Pvm	
K.osa/Kyö	Kortt./Tila	Tonnti	Rno	Vironomaisten merkintäjä
OPINNÄYTETYÖ			KOKOONPANOPIIRUSTUS	
Karelia ammattikorkeakoulu Karjalankatu 3, 80200 Joensuu Sähkövoimatekniikan laboratorio			Kokoonpanopiirustus Oppimisympäristön asennusseinä 1, puoli 1	
Pvm 21.10.2021			Työnumero	Titonin numero
Pirtt. AK/JK				
Suunn. AK/JK				
Tark.			Piirustusnumero	
YhLh5			SÄH	0002
Lehti			Muutos	





SELITYS

- (JR) = JAKORASIA 95MM
 (KR) = KOJERASIA 71MM
 = JM20 ASENNUSPUTKI, AIHIOT AUKAISEMATTOMANA ASENNETTU
 ——— = JM20 ASENNUSPUTKI, AIHIOT AUKAISTUNA ASENNETTU
 ——— = JAPP 25 ALUMIINIPUTKI, PINTA-ASENNETTU
 [e] = LUKITTAVA TURVAKYTKIN

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.oso/Kyö	Koril./Tilo	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä		
OPINNÄYTETYÖ				KOKOONPANOPIIRUSTUS		
Karelia ammattikorkeakoulu Korjankatu 3, 80200 Joensuu Sähkövoimatekniikan laboratorio				Kokoonpanopiirustus Oppimisympäristön osenuksesta 1, puoli 2		
				Pvm 21.10.2021		MK: 1:15
				Pärl. AK/JK		
				Suunn. AK/JK		
				Tark.		
				Yhliis		
				Lehti		
				Työnumero		Tilojen numero
				Piirustusnumero		Muutos
				SÄH		0003



SELITYS

- =JAPP 25 ALUMIINIPUTKI
-  =LUKITTAVA TURVAKYTKIN
-  =LUKITTAVA EMC TURVAKYTKIN

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.oso/Kyö	Koril./Tilo	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä		
OPINNÄYTETYÖ				KOKOONPANOPIIRUSTUS		
Karelia ammattikorkeakoulu Korpilankatu 3, 80200 Joensuu Sähkövoimatekniikan laboratorio				Kokoonpanopiirustus Oppimisympäristön osennusseinä 2, puoli 1		
				Pvm 21.10.2021		MK: 1:15
				Piirt. AK/JK		Työnumero
				Suunn. AK/JK		Tilojen numero
				Tark.		
				YhLNB		Piirustusnumero
				Lehti		Muutos
				SÄH		0004

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
KESKUS					RYHMÄ	OSOITE	kW	A/A	JOHDOTUS													
					1	SYÖTTÖKAAPPELI PÄÄKYTKIN 40A																
					2																	
					3																	
					4																	
					5-7	3V 40A VIKAVIRTASUOJAKYTKIN 30mA																
					5																	
					6																	
					7																	

D mutos
E mutos
F mutos

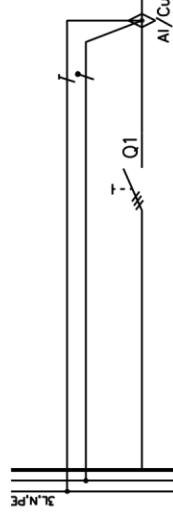
A mutos
B mutos
C mutos

Standardi: SFS-EN 61439-2/3			
Typpi	GOSSU	MINI U2D	Keskus
No.	83657		RK MINI U2D
Un	400	V	In 25
In	50	Hz	Icsw <10
IP	20		Ipk <17
Leveys	Korkeus	Syvyys	
478	409	37+80	

Liite 1, 10(15)

	OPPIMISYMPÄRISTÖN RYHMÄKESKUS, RK MINI U2D	Suunn.	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Työnnumero
	Karelia ammattikorkeakoulu Korjalankatu 3, 80200, JOENSUU	Arv./21.10.2021 Piirt.	Lehti 1/1	RK MINI U2D Piiustusnumero	
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla		Tark.		SÄH 4001	

KESKUS



D mutos
E mutos
F mutos

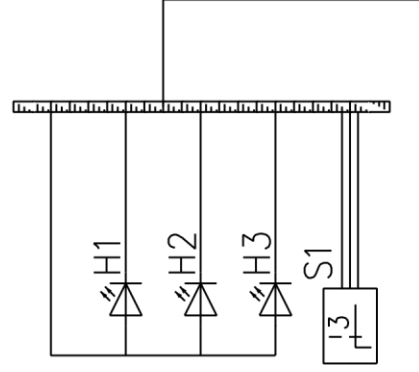
1F1
3-POLE

2F1
3-POLE

3F1

4F1

5F1



A mutos
B mutos
C mutos

Standardi: SFS-EN 61439-2/3	Keskus	RK 2R
Tyyppi: GOSU 2R	No. 84.332	
Un. 400 V	In. 25 A	
In 50 Hz	Icw <10 kA	
IP 34	Ipk <17 kA	
Leveys 300	Korkeus 280	Syvyys 175

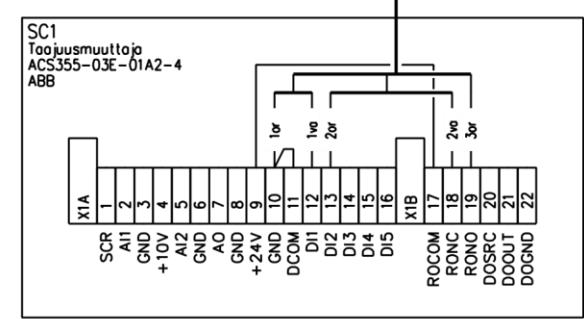
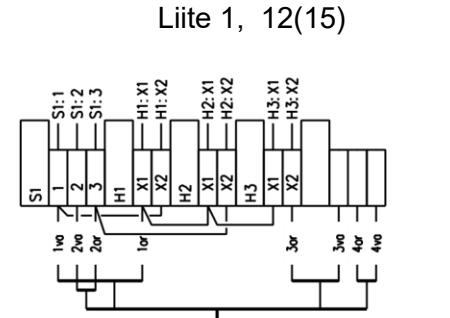
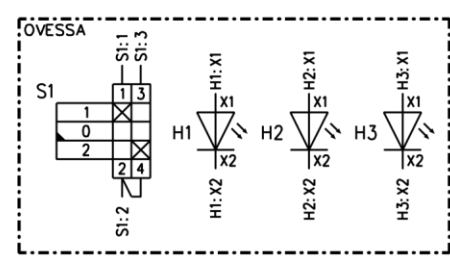
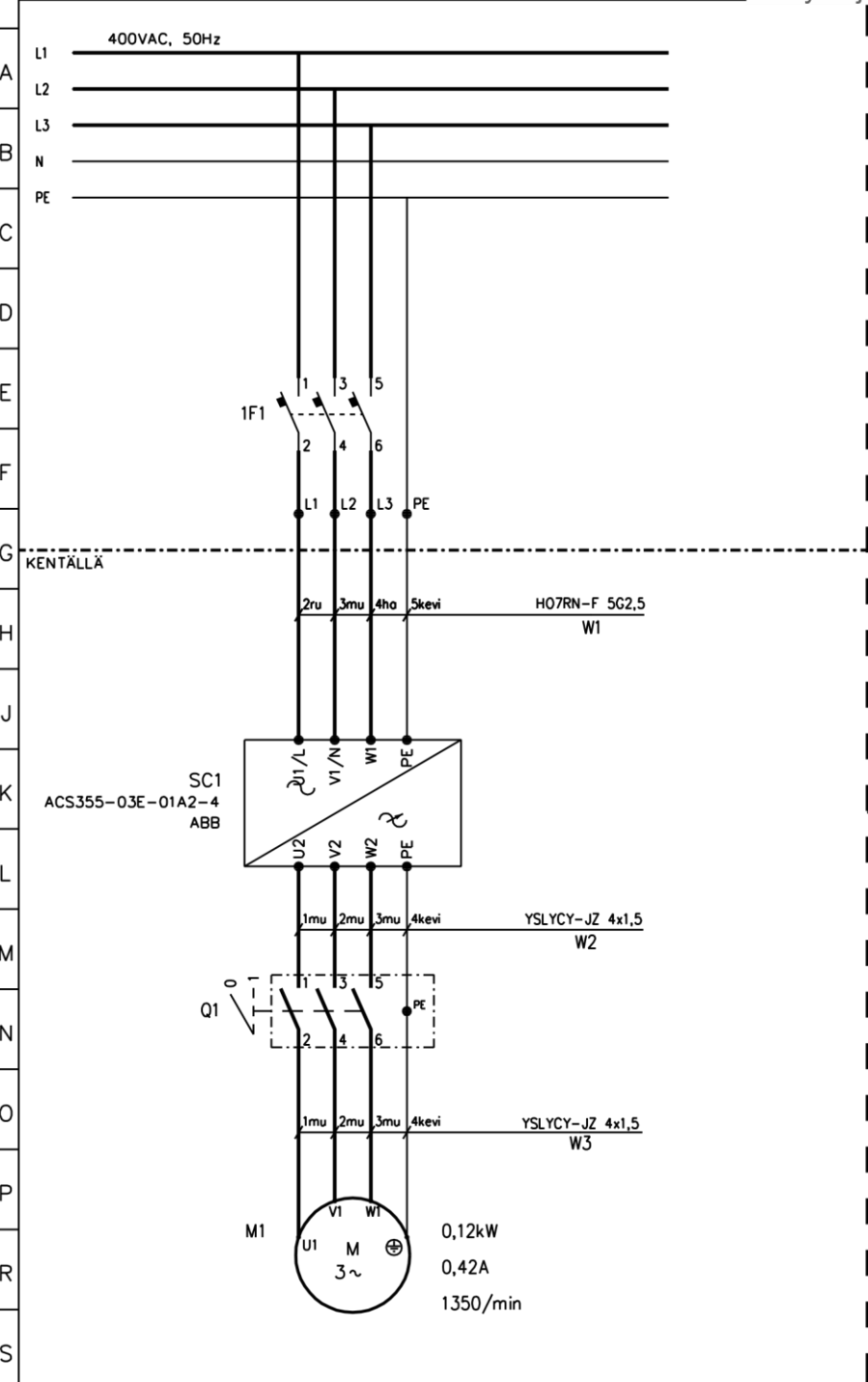
Liite 1, 11(15)

RYHMÄ	OSOITE	kW	A/A	JOHDOTUS
	SYÖTTÖKAAPPELI PÄÄKYTKIN 40A			H07RN-F 5G2.5
1	TAAJUUSMUUTTAJA SC1		3*C10	H07RN-F 5G2.5
2	VARA		3*C10	
3	VARA		C10	
4	VARA		C10	
5	VARA		C10	
	SUUNTA 1, MERKKIVALO H1			
	SUUNTA 2, MERKKIVALO H2			
	HÄIRIÖ, MERKKIVALO H3			
	1-0-2 OHJAUSKYTKIN S1			
W4	TAAJMUUTTAJAN SC1 OHJAUSKAAPPELI			NESMAK 4x2x0.5+0.5

D muutos
E muutos
F muutos

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

A muutos
B muutos
C muutos



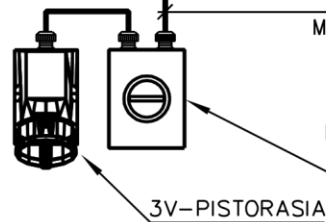
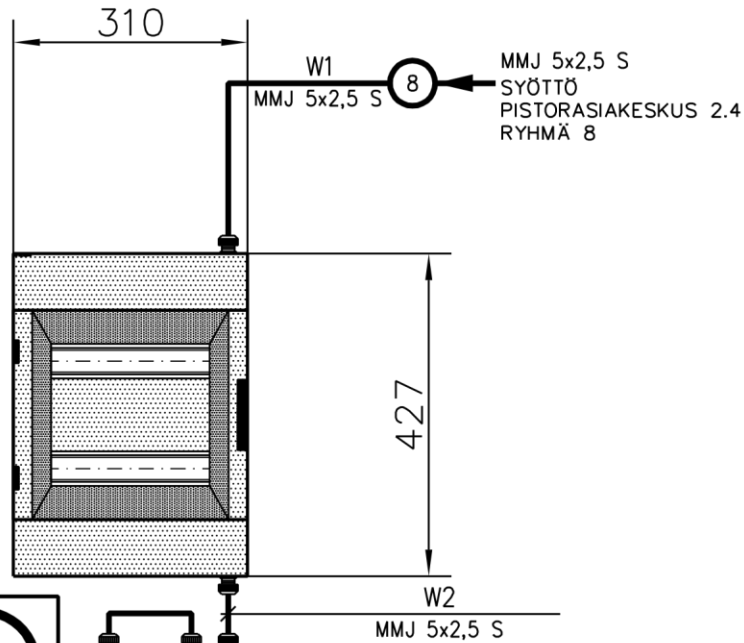
KENTÄLLÄ

RK 2R, PIIRIKAAVIO, LÄHTÖ 1F1
Karelia ammattikorkeakoulu
Karjalankatu 3, 80200, JOENSUU

Suunn. JK/AK/21.10.2021	Kokonaisuus	Sähköpositio +RK 2R	Työnumero
Piirt.	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH 4002P		



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

D muutos
E muutos
F muutosVE212AK
MODUULIKOTELO PINTA
PS/PC
3425622
+
VZ311 LUKKO 3425381

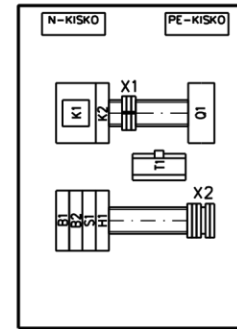
**VIKAVIRTAVALVONTAYKSIKÖN
EDESSÄ LATTIAMERKINNÖIN
RAJATTU KÄYTTÖALUE**

KILPI, JOSSA ILMOITETTU:
- JÄNNITE
- VIRTA
- SUOJAUSTAPA
- KÄYTTÖALUE

VIKAVIRTAVALVONTAYKSIKÖN KOJELUETTELO Liite 1, 13(15)

B1= SU215 SUMMERI 7036015
B2= SU213 SOITTOKELLO 7036013
H1= SVN122 MERKKIVALO LED 2317363
K1= HR525 VIKAVIRTARELE 2707031
K2= EZN005 AIKARELE VILKKU 2707025
Q1= KUORMANKYTKIN- SBN325 0-1 3N 25A 400VAC DIN 3637654
S1= KUORMAKYTKIN SBN125 0-1 1N 25A 230VAC DIN 3637640
T1= HR700 SUMMAVIRTAMUUNTAJA 2707033

SIJOITTELU



KILPI, 3V- PISTORASIAN ALAPUOLELLA 1:5



1:10

A muutos
B muutos
C muutos

OPPIMISYMPÄRISTÖN VV-VALVONTA, KOKOONPANO
Karelia ammattikorkeakoulu
Karjalankatu 3, 80200, JOENSUU

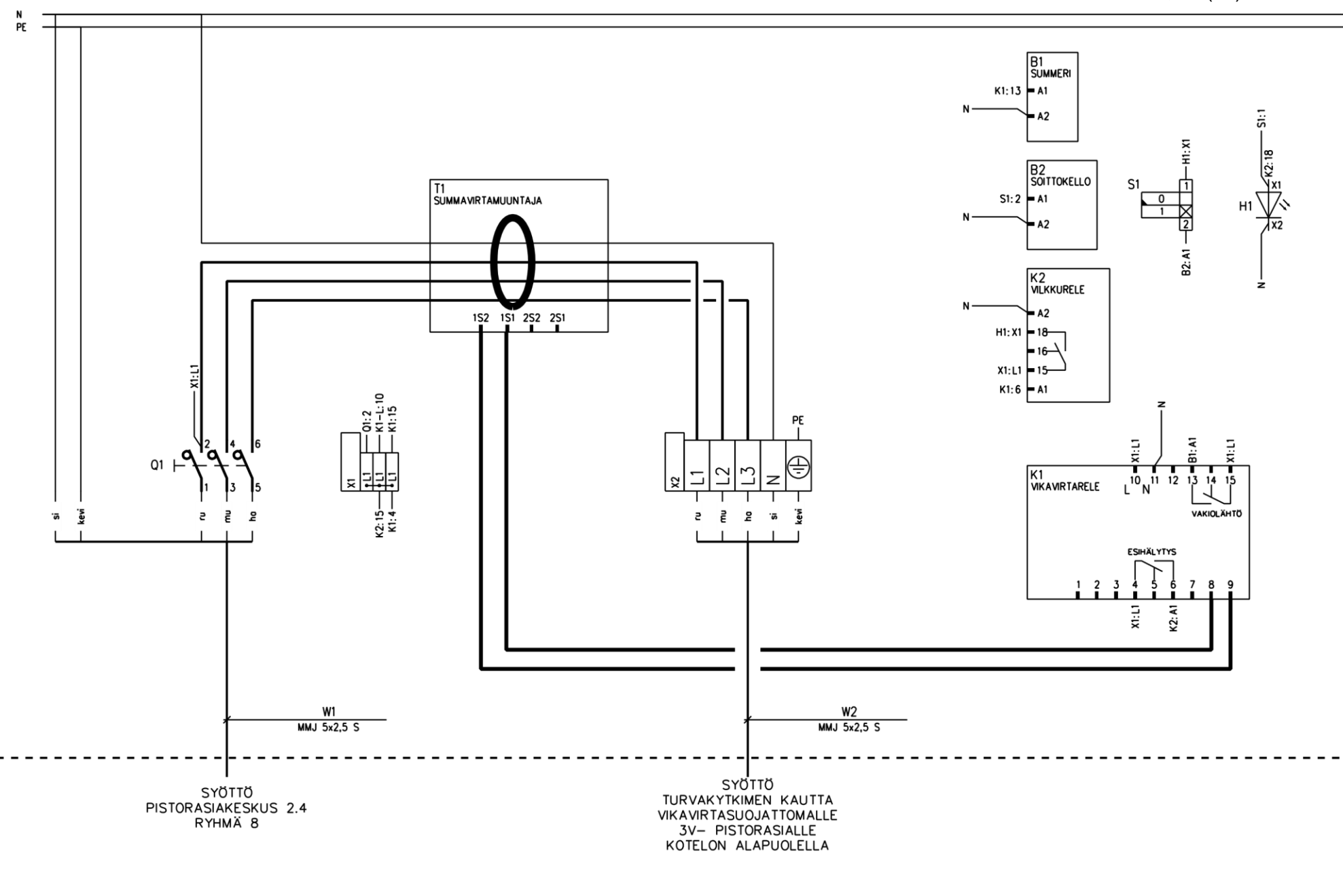
Suunn. AK/JK/21.10.2021	Kokonaisuus	Sähköpositio +VV VALVONTA	Työnumero
Piirt.	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH 4003	

Liite 1, 14(15)

D muutos
E muutos
F muutos

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

A muutos
B muutos
C muutos



W1
MMJ 5x2,5 S

SYÖTÖ
PISTORASIAKESKUS 2.4
RYHMÄ 8

W2
MMJ 5x2,5 S

SYÖTÖ
TURVAKYTKIMEN KAUITA
VIKAVIRTASUOJATTOMALLE
3V- PISTORASIALLE
KOTELON ALAPUOLELLA



OPPIMISYMPÄRISTÖN VV-VALVONTA, PIIRIKAAVIO
Karelia ammattikorkeakoulu
Karjalankatu 3, 80200, JOENSUU

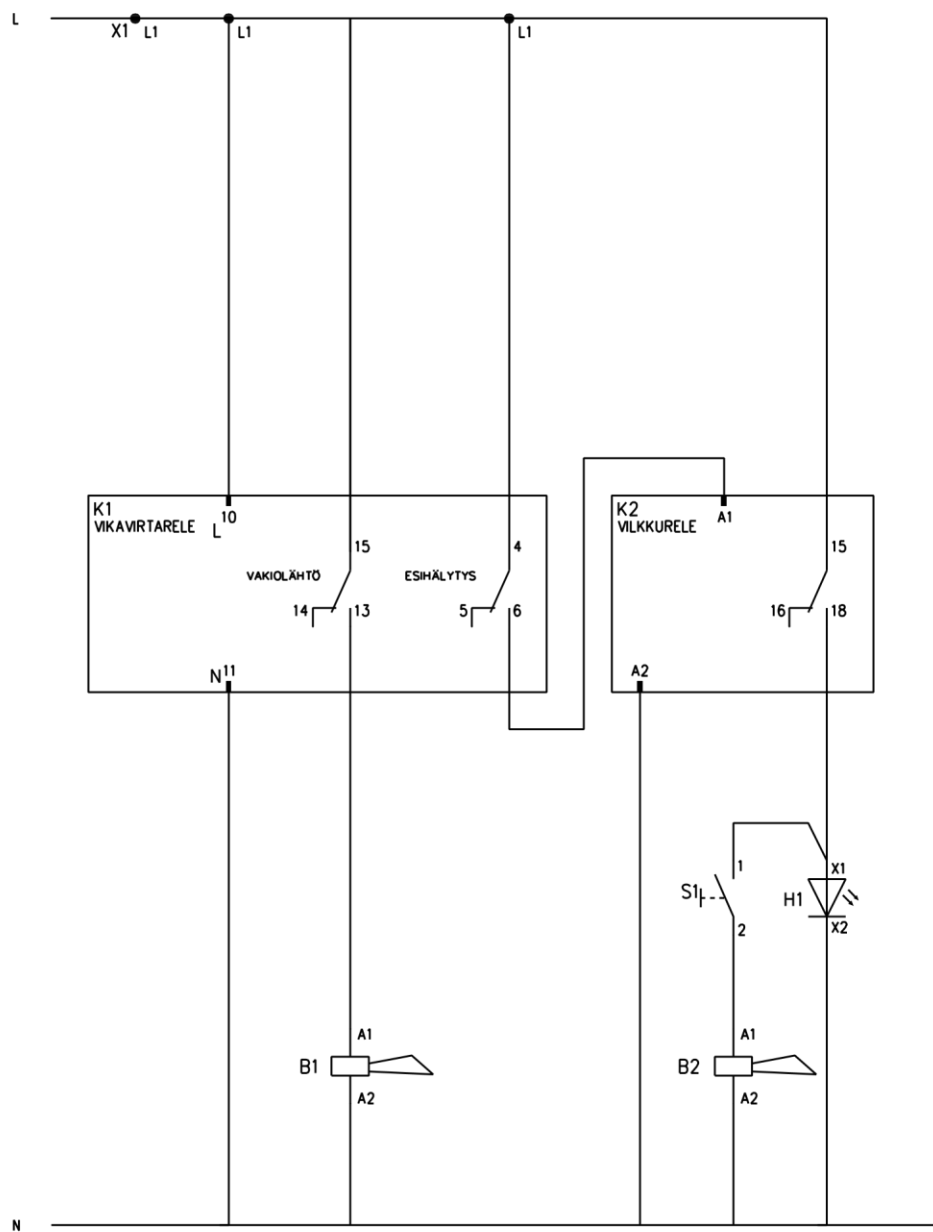
Suunn. AK/JK/21.10.2021	Kokonaisuus	Sähköpositio + VV VALVONTA	Työnumero
Piirt.	Lehti 1/2	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH 4003P	

D muutos
E muutos
F muutos

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

A muutos
B muutos
C muutos

Liite 1, 15(15)



OPPIMISYMPÄRISTÖN VV-VALVONTA, PIIRIKAAVIO
Karelia ammattikorkeakoulu
Karjalankatu 3, 80200, JOENSUU

Suunn. AK/JK/21.10.2021	Kokonaisuus	Sähköpositio +VV VALVONTA	Työnumero
Piirt.	Lehti 2/2	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH 4003P	