

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUHA LÄHTEENMÄKI

OMAKOTITALON SÄHKÖSUUNNITELMA

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2024

Tekijä(t) Lähteenmäki, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 5.2024
	Sivumäärä	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Omakotitalon sähkösuunnitelma		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Tiivistelmä Tämän projektin tavoitteena on laatia sähkösuunnitelma 110 m ² omakotitalolle. Kyseessä on jo rakenteilla oleva yksikerroksinen puutalo, jossa lämmitysmuotona on ilma-vesilämpöpumppu. Sähköasennukset toteutetaan suunnitelman pohjalta. Suunnitelman päätarkoituksena on vastata tilaajan toiveita ja varmistaa, että lopputulos vastaa heidän odotuksiaan. Tehtävänäni on suunnitella käytännöllinen ja toimiva sähköjärjestelmä, joka helpottaa asumista ja tekee siitä miellyttävää sekä käytännöllistä. Projektin toimeksiantajana toimii Keskus-Veljet Oy. Työhön sisältyy omakotitalon sähköisten järjestelmien suunnittelu kokonaisuudessaan, niiden järjestelmien osalta, jotka sähköurakoitsija toteuttaa kiinteistöön.		
Avainsanat Sähkösuunnitelma, omakotitalo		

Author(s) Lähteenmäki, Juha	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 5.2024
	Number of pages	Language of publication: Finnish
Title of publication Electrical plan of the detached house		
Degree programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering		
Abstract The objective of this project is to create an electrical plan for a 110 m ² detached house. It is a detached house under construction, with an air-to-water heat pump as the heating system. Electrical installations are carried out based on the plan. The primary goal of the plan is to fulfill the subscriber's preferences and ensure that the outcome meets their expectations. My task is to design a practical and functional electrical system that enhances living conditions, making it both pleasant and practical. The project is commissioned by Keskus-Veljet Oy. The scope of work includes designing electrical systems for the detached house, encompassing the systems to be implemented by the electrical contractor on the property.		
Keywords Electrical planning, detached house		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 SUUNNITTELU JA HUOMIOITAVAT ASIAT	5
2.1 Sähkösuunnittelu	5
2.2 Riskien hallinta.....	5
2.3 IP-Luokitukset.....	6
3 SÄHKÖLIITTYMÄN JA NOUSUKAAPELIN MITOITUS	7
3.1 Omakotitalon huipputeho.....	7
3.2 Nousukaapeli.....	8
4 VAHVAVIRTAJÄRJESTELMÄT	8
4.1 Sähkötyöselostus	8
4.2 Sähköpisteet ja ryhmitys	8
4.2.1 Pistorasiat.....	8
4.2.2 Valaistus	9
4.2.3 Johdotus	9
4.3 Keskuskaavio	10
4.4 Maadoituskaavio	10
4.5 Maadoitukset.....	10
5 HEIKKOVIRTAJÄRJESTELMÄT.....	11
5.1 Antennijärjestelmä	11
5.2 Kiinteistön sisäverkko.....	11
6 LÄMMITYS	12
7 KÄYTTÖÖNOTTO	13
7.1 Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa	13
7.2 Käyttöönottotarkastus	13
7.3 Käyttöönottomittaukset.....	13
8 YHTEENVETO	15
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Ennen sähkösuunnittelun aloittamista, tilaajan kanssa keskusteltiin toiveista ja tarpeista mitä halutaan valmiiseen kohteeseen. Kohde on yksikerroksinen puurakenteinen omakotitalo, joka sijaitsee haja-asutusalueella. Huoneistopinta-ala on 110 m². Kohteeseen toteutetaan hyvin perinteinen sähköjärjestelmä ilman suurempia automaatiokonaisuuksia. Lämmitysjärjestelmäksi valikoitui ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä vesikiertoisella lattialämmityksellä, lisäksi kohteessa on takka. Kohteeseen tehdään myöhemmin myös autotalli, joten sille pitää jättää tarvittavat varaukset.

2 SUUNNITTELU JA HUOMIOITAVAT ASIAT

2.1 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelun tarkoituksena on suunnitella sähköjärjestelmät, jotka noudattavat sähköturvallisuusvaatimuksia sekä yleisiä standardeja, jotta valmiit järjestelmät ovat turvallisia sekä miellyttäviä käyttää. Suunnittelussa pitää huomioida haja-asutusalueella olevat pitkät verkkoyhtiön siirtolinjat (oikosulkuvirta ja laukaisuajat), sekä alueella olevat verkkoyhtiön ilmalinjat (ukkosen aiheuttamat ylijännitteet). Haja-asutusalueella olevat sähköyhtiön siirtolinjat ovat usein pidempiä kuin taajama-alueella, ja tämä aiheuttaa huomioimista oikosulkuvirran riittävydessä asennuksen joka kohdassa. Varsinkin maaseutumaisessa ympäristössä pitää ottaa huomioon jyrsijöiden aiheuttamat riskit sähköasennuksille.

2.2 Riskien hallinta

Maaseudulla pitkien siirtolinjojen aiheuttaman alhaisen oikosulkuvirran vaikutuksia tulee pohtia ja valita tarkasti oikeantyyppiset sulakkeet (A-, B- vai C-tyyppi).

Ukkosvaurioiden varalta tulee ilmajohtoalueella oleva liittymä varustaa ylijännitesuojilla. Ne voidaan asentaa joko viimeiseen kiinteistöä syöttävään linjan pylvääseen tai kiinteistön pääkeskukseen, ja ne tulee liittää maadoituselektrodiin. Salaman aiheuttama ylijännite purkautuu maadoituselektrodin kautta maahan. Ylijännitesuojan toimittua se tulee vaihtaa uuteen, sillä se vioittuu. Kunnossa olevan ylijännitesuojan "silma" on vihreä ja viallisen punainen. Ylijännitesuojia on eri herkkyysasteilla; linjaan/pääkeskukseen tulee ns. karkeasuoja, ja jos tarvitaan parempaa suojausta esimerkiksi tietokoneille, tulee asentaa suojaustasoltaan herkempiä suojia sähköasennukseen lähemmäs kyseistä laitetta.

Suunnittelukohteessa käytetään sähköasennuksessa putkijohtoa jyräjoiden aiheuttamien vaurioiden varalta. Putkijohto on rakenteeltaan taipuisa sähköasennusputki, jonka sisälle on valmiiksi asennettu sähköjohtimet. Putkessa on myös vetolanka, jonka avulla voidaan myöhemmin asentaa lisäjohtimia. Putken ansiosta johtimet ovat paremmin suojatut jyräjöitä vastaan verrattuna MMJ-kaapeliin. Putkijohdolla saadaan aikaan siistimpi ja turvallisempi asennus, ja myös jälkepäin tehtävät lisäykset ja muutokset ovat helpommin toteutettavissa.

2.3 IP-Luokitukset

Kansainvälisen kotelointiluokituksen eli IP-koodin avulla arvioidaan sähkölaitteiden vedenkestävyyttä ja suojaa vierailta esineiltä ja pölyltä. IP-luokitus huomioi laitteen kyvyn suojata itseään vettä, vieraita esineitä ja pölyä vastaan. Koodi voi olla esimerkiksi IP21, joka on yleisissä kuivissa tiloissa käytetty suojausluokka. Ensimmäinen numero määrittää, millainen esine tai pöly voi tunkeutua laitteeseen. Jälkimmäinen numero määrittää vesitiiviiden. Esimerkiksi ulos asetettavalle pistorasialle voidaan antaa IPX4-vaatimus, joka tarkoittaa sitä, että esineiden tunkeutumiselle ei varsinaisesti anneta vaatimusta, kunhan suojaus vedeltä on annetun vaatimuksen mukainen.

3 SÄHKÖLIITTYMÄN JA NOUSUKAAPELIN MITOITUS

3.1 Omakotitalon huipputeho

Voidaksemme valita oikean kokoinen syöttökaapeli ja pääsulakkeet, tulee laskea kiinteistön huipputeho. Kyseisessä kohteessa on ilmalämpöpumppu, joten käytetään siihen soveltuvaa laskukaavaa. Huoneiston perussähköistys + ilmalämpöpumppu

$$P_{\max} = P_{\text{aläm}} + P_{\text{kk}} + P_{\text{kev}} + P_{\text{pump}} + P_{\text{svast}} + P_{\text{val}} \cdot A_h / 1000$$

$$P_{\max} = 2 + 7,5 + 0 + 0,2 + 6 + 10 \cdot 110 / 1000$$

$$P_{\max} = 16,8 \text{ kW}$$

P_{\max} = Asuinrakennuksen huipputeho kW

$P_{\text{aläm}}$ = Autolämmityksen teho kW

P_{kk} = Kojekuorma 7,5kW kun $A_h > 75 \text{ m}^2$

P_{kev} = kiukaan vuorottelematon nimellisteho

P_{pump} = Ilmalämpöpumpun ottama teho kW

P_{svast} = Sähkövastuksen teho kW

P_{val} = Valaistuskuorma 10W/m²

A_h = Huoneiston pinta-ala

(ST 13.31)

Kiinteistön huoneala on 110 m². Vesi-ilmalämpöpumpun ulkoyksikön teho on noin 200W ja sisäyksikön sähkövastuksien teho on 6Kw. Kohteessa on 8kW sähkökiuas, joka päällä ollessaan sammuttaa ilma-vesilämpöpumpun mahdollisesti päällä olevat lisävastukset. Autolämmityksille varataan 2kW teho. Vaihevirran laskemiseksi käytetään seuraavaa kaavaa.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{16800 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,95} = 25,5 \text{ A}$$

Kohteeseen valitaan 25A pääsulakkeet, sillä seuraavan koon liittymä olisi huomattavasti kalliimpi. Tilanne että oikeasti saavutettaisiin huipputeho, on hyvin epätodennäköinen, ja todellisuudessa 25A sulakkeet kestävät hetkellisesti pienen ylivirran.

3.2 Nousukaapeli

Nousukaapelina on AXMK 4x50, sillä alueella toimiva verkkoyhtiö Vatajankoski Sähköverkko Oy tuo lähes poikkeuksetta vähintään tämänkokoisen liittymän omakotital-kohteisiin. Kyseinen kaapeli riittää hyvin kohteen sähkönkulutukseen ja liittymäkoko on helposti kasvatettavissa, jos tulevaisuudessa sähkönkulutus kasvaa. Esimerkiksi jos halutaan sähköautojen latausmahdollisuus, niin silloin on todennäköisesti harkittava liittymän suurentamista.

4 VAHVAVIRTAJÄRJESTELMÄT

4.1 Sähkötyöselostus

Sähkötyöselostuksessa määritellään järjestelmäkohtaisesti asennustavat sekä asennuskorkeudet, mikäli niitä ei käy pohjakuvasta ilmi. Lisäksi sähkötyöselostuksessa tarkennetaan, kenen hankintaan mitkäkin laitteet kuuluvat ja niiden asennus.

4.2 Sähköpisteet ja ryhmitys

Sähköpisteiden sijoittelussa, ryhmittelyssä ja kaapelointien suunnittelussa tulee huomioida standardien mukaisuus sekä asiakkaan toiveet, jotta lopullinen asennus on turvallinen ja miellyttävä käyttää.

4.2.1 Pistorasiat

Pistorasiat tulee sijoittaa siten, että ne ovat standardien mukaisesti sekä asiakkaan toiveiden mukaan sijoiteltuina. On tärkeää käydä asiakkaan kanssa läpi kohteen

kalustesuunnitelma, jotta voidaan varmistaa, ettei pistorasioita jää esimerkiksi kaappien, hyllyjen tai sohvan taakse piiloon. Nykypäivänä pistorasioiden tarve on jatkuvasti lisääntymässä ladattavien laitteiden yleistyessä, joten on hyvä harkita pistorasioiden sijoittelua esimerkiksi sohvan selkänojan yläpuolelle, jotta niitä on helppo käyttää esimerkiksi puhelimen lataamiseen sohvalla istuessa. Yleisissä tiloissa pistorasiat asennetaan yleensä noin 20 cm korkeudelle lattiasta. Nykyään käytetään myös Europistorasioita, joissa on usein 3 pistokepaikkaa yhdessä kehikossa, toisin kuin perinteisissä Schuko-pistorasioissa, joissa on kaksi pistokepaikkaa. Europistoke on litteä maa-doittamaton pistoke, joka on tarkoitettu alle 2,5 ampeerin laitteille. (ST 51.22.)

4.2.2 Valaistus

Valaistuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon asiakkaan toiveet, jotta saadaan häntä miellyttävä lopputulos. Tässäkin kohtaa on hyvä käydä läpi kalustesuunnitelma, jotta valaisimet saadaan oikeille paikoille, kuten keskelle keittiön pöytää, etteivät ne ole sivussa. Tässä kohteessa valaistus toteutetaan hyvin perinteisellä tavalla, eli tavallisilla kytkimillä ilman himmentimiä, mutta niidenkin asennus myöhemmin on silti mahdollista. Myös kohteessa käytettävä putkijohto mahdollistaa valaistuksen ohjauksen muuttamisen jossain määrin jälkikäteen, kun saadaan vedettyä uusia johtimia putkiin. Keittiöön asennetaan yläkaapin alapuolelle LED-nauhat. Makuuhuoneisiin asennetaan valaisinpistorasiat. Olohuoneeseen, eteiskäytävälle sekä kodinhoitohuoneeseen asennetaan upotettavat LED-allasvalot. Saunaan asennetaan valokuituprojektori ja suihkutilaan LED-allasvalot.

4.2.3 Johdotus

Johdotuksen tulee olla standardien mukainen ja kullekin järjestelmälle soveltuva, muun muassa jännitteenkestoltaan. Poikkipintojen tulee olla riittävän suuria kuhunkin käyttökohteeseen, jotta vältytään johtojen ylikuormitukselta. Johdotus toteutetaan rakenteisiin upotettavalla putkijohdolla. Putkijohdon hyviä puolia ovat muokattavuus jälkepäin, kun voidaan lisätä tai vaihtaa johtimia, sekä parempi suojaus jyrsijöitä vastaan tai muuten ahtaita välejä, joissa MMJ-kaapelin kohdalla saattaisi ajan saatossa esiintyä vaipan murtumista tai repeämistä. Maahan asennettavat kaapelit tulee olla

tähän tarkoitukseen sopivia, kuten MCMK tai AMCMK. MCMK on kuparijohtimilla, konsentrisella kuparisella suojajohtimella sekä UV-valoa kestäväällä PVC-muovivai-palla varustettu kaapeli. AMCMK on muuten sama kaapeli, mutta siinä johtimet ovat alumiinia kuparin sijaan, mikä tekee siitä halvemmän varsinkin kasvavissa poikkipin-noissa. (D1-Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.)

4.3 Keskuskaavio

Keskuskaaviosta käy ilmi keskuksen rakenteelliset sekä sähkötekniset tiedot, kuten mitat, jännite sekä suurin sallittu virta. Keskuskaavion tarkoituksena on ilmaista kun-kin ryhmän sulakekoko, kaapelityyppi sekä mihin kyseinen ryhmä menee. Ryhmänu-mero identifioi kyseisen ryhmän, jotta voidaan pohjakuvasta katsoa, missä kyseinen ryhmä on. Muissa kuin asuin kiinteistöissä tämä ryhmänumero myös merkitään tarralla esimerkiksi pistorasiaan, jotta se on helposti löydettävissä keskukselta. Kaaviossa lu-kee ryhmän sijainti selkeästi ilmaistuna, esimerkiksi ”Astianpesukone”. Tämä helpot-taa vian hakua, jos pesukone on vaikka sattunut laukaisemaan sulakkeen tai jos se pitää saada jännitteettömäksi. Sulakekoko, esimerkiksi C16, ilmaisee sulakkeen nopeuden (C), eli kuinka nopeasti sulake toimii, kun saavutetaan sen laukaisuvirta. Sulakkeen laukaisuvirta ilmaistaan numerona, kuten tässä tapauksessa 16 ampeeria.

4.4 Maadoituskaavio

Maadoituskaaviossa esitetään, miten kiinteistön potentiaalintasaus toteutetaan. Kaavi-ossa on näkyvissä, montako potentiaalintasauskiskoa kiinteistössä on ja minkälaisia maadoituskaapeleita siitä mihinkin kohteeseen lähtee.

4.5 Maadoitukset

Omakotitaloissa on yleensä vain yksi kisko, johon liitetään maadoituselektrodi, ja josta on maadoitettu suuret sähköä johtavat rakenteet, kuten betoniraudoitus, metalliset ve-siputket, IV-kanavat ja antennimasto. Maadoittamisen tarkoituksena on tasata erilais-ten sähköä johtavien materiaalien potentiaalieroja. Esimerkiksi jos IV-kanavia ei maa-doita ja IV-koneeseen tulee vika, joka johtaa sähköä sen runkoon, niin IV-kanavan ja

jonkin muun metallisen esineen välille saattaa muodostua valokaari, koska niiden potentiaali ei ole sama. Kyseisessä tilanteessa on myös sähköiskun vaara, jos koskettaa jotain IV-järjestelmän osaa, johon sähkö IV-koneelta johtuu.

5 HEIKKOVIRTAJÄRJESTELMÄT

5.1 Antennijärjestelmä

Antennijärjestelmä johdotetaan koaksiaalikaapelilla tähtimäisenä verkkona, jotta jokaiselle pisteelle menee vahvistimelta oma linja. Tällöin voidaan muuttaa kunkin linjan vahvistusta tarvittaessa, jotta saavutetaan paras signaali kuhunkin pisteeseen. Aiemmin antennipisteitä on ketjutettu, mutta tämän huono puoli on se, että linjan ensimmäisen ja viimeisen pisteen ero kasvaa pahimmassa tapauksessa niin suureksi, että linjan signaalin voimakkuutta ei saa säädettyä sopivaksi. Tähän verkkoon voidaan syöttää signaalia joko katolle asennettavista UHF-, VHF-, FM- tai satelliittiantenneista. Näistä kaikista on mahdollista syöttää signaalia samanaikaisesti, sillä ne käyttävät eri taajuuksalueita. On myös mahdollista käyttää kaapelilla kiinteistöön tulevaa antennisignaalia, jos sellainen on alueella saatavilla. Tämän hyötynä on parempi toimintavarmuus, sillä se ei ole niin alttiina häiriöille, joita esiintyy, kun signaalia vastaanotetaan antenneilla ilmateitse.

5.2 Kiinteistön sisäverkko

Kiinteistön sisäverkko koostuu erilaisista viestintäverkoista, kuten antenniverkko ja yleiskaapelointijärjestelmä. Antenniverkolla jaetaan esimerkiksi TV-kuvaa asunnon eri huoneisiin, ja se toteutetaan tähteen, kuten tässäkin kohteessa.

Yleiskaapelointijärjestelmän yleinen käyttötarkoitus on jakaa internetyhteys jakamosta eri pisteisiin. Jakamoon tulee internetyhteys palveluntarjoajalta joko valokuidulla, kuparilla tai mobiilitukiaseman avulla. Yleiskaapelointiverkkoa voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin, koska se koostuu parikaapelista. Parikaapeli

sisältää 8 johdinta, jotka on kierretty pareiksi. Eli johdossa kulkee 4 keskenään kierrettyä paria, jotka kiertävät vielä toisiaan. Parikierrolla pyritään häiriöiden poistoon, eli johtimet kumoavat toistensa aiheuttamat häiriöt. Parikaapeli on käytännössä pieni häiriöaltis kuparikaapeli, jossa on 8 lankaa. Tämän vuoksi se on erittäin monikäyttöinen ja sillä voidaan siirtää internetyhteyden lisäksi esimerkiksi videokuvaa sopivien adapterien avulla. Parikaapelin molempiin päihin kytketään RJ45-liittimet. Parikaapeleita on eri kategorioita ja suojausluokkia. Nykyään yleisimmin käytetään CAT6A-kaapelia, mutta uudempi CAT7 on myös yleistymässä. CAT-luokka yksinkertaisesti tarkoittaa kaapelin "tehokkuutta". Kaapelien kehittyessä kaapelilla siirrettävän datan määrä ja siirtomatka kasvavat. Uudessa lyhenteessä kautta merkkiä ennen oleva kirjain ilmaisee, onko vaipan alla suojaus, ja jälkimmäiset kirjaimet ilmaisevat, onko yksittäisten parienvälisten suojaus (kuva 1). (Universalnetworks 2024.)

Taulukko 1. RJ45 kaapelien merkintä (Universalnetworks 2024)

U/UTP	Täysin suojaamaton kaapeli
F/UTP	Vaipan alla folio, suojaamattomat parit
U/FTP	Parienvälisten ympärillä foliosuojaus
SF/UTP	Vaipan alla folio ja metalliverkko, suojaamattomat parit
S/FTP	Vaipan alla metalliverkko, parienvälisten ympärillä foliosuojaus

6 LÄMMITYS

Kohteen lämmitysmuotona toimii ilmavesilämpöpumpulla lämmitettävä vesikiertoinen lattialämmitys. Vesi-ilmalämpöpumppu toimii siten, että se lämmittää vettä ulkoilmasta keräämällään energialla, joka sitten kiertää talon lämmitysjärjestelmässä, joko pattereiden tai lattialämmityksen kautta, varmistaen mukavan ja tasaisen lämpötilan sisätiloissa. Lisäksi NIBE vesi-ilmalämpöpumppu pystyy lämmittämään myös käyttövetä. Järjestelmään voi myös liittää viilennysjärjestelmän tarvittaessa. (Nibe 2024.)

7 KÄYTTÖÖNOTTO

7.1 Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa täytyy tehdä tarkastuksia ja mittauksia, jotta todetaan laitteistot standardien mukaisiksi ja turvallisiksi käyttää.

7.2 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastuksen tekijänä on oltava sähköalan ammattilainen. Tarkastukseen kuuluu visuaalinen tarkastus sekä erilaisten mittausten ja testien suorittaminen. Asennustyön aikana on tehtävä jatkuvaa visuaalista tarkastusta varmistaakseen, että asennukset ovat turvallisia ja asianmukaisia myös niiden osalta, jotka jäävät rakenteiden sisälle. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan sähkötyön tilaajalle.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta on käytävä ilmi seuraavat tiedot:

- Kohteen tunnistetiedot: mitä on tehty ja missä
- Sähkölaitteiston asentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- Selvitys sähkölaitteiston säädösten ja määräysten mukaisuudesta
- Käytetyt standardit
- Yleiskuvaus tarkastusmenetelmistä
- Tarkastusten ja mittausten tulokset
- Tarkastuksen suorittajan allekirjoitus

7.3 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottotarkastuksia suoritetaan jatkuvasti sähköasennusten asentamisen aikana. Visuaalisen tarkastuksen lisäksi tehdään jatkuvaa aistinvaraista tarkastusta sähköjärjestelmien asentamisen yhteydessä. Tämä tarkoittaa kaapeleiden ja muiden sähköjärjestelmien osien visuaalista ja tuntoaistin avulla tapahtuvaa tarkastelua varmistaaksemme niiden eheyden ja asianmukaisen asennuksen. Kun asennukset ovat valmiita, suoritetaan ensimmäisenä suojajohdon jatkuvuuden mittaus varmistaaksemme

vikasuojausten toiminnan. Jatkuvuus ilmoitetaan ohmeissa ja sen arvo riippuu suoja-johtimen poikkipinta-alasta ja pituudesta, mutta sen tulisi olla alle 1Ω .

Eristysvastusmittauksella puolestaan mitataan vaihejohtimien, nollajohtimen ja suoja-johtimen välistä eristysvastusta eli vastusta näiden johtimien välillä. Tämä mittaus paljastaa mahdolliset vauriot johtimissa, kuten peruseristeiden repeytymisen ja johtimien kosketuksen. Eristysvastusmittauksen tulos tulee olla $1M\Omega$, mutta monet mittarit ilmoittavat tämän ylittävät arvot äärettömänä.

Itsellä on ollut tapana kytkeä ryhmä keskukseen, vasta kun ryhmä on valmis kentän päästä, ja ennen kytkemistä teen eristysvastusmittauksen. Tämä auttaa paikantamaan mahdolliset viat helpommin, kuin mittaus koko keskuksesta ja sen jälkeen vian etsimisen.

Oikosulkuvirta ja silmukkaimpedanssi mittaus puolestaan kertoo oikosulkutilanteessa aiheutuvan virran, ja linjan impedanssiarvon. Näiden suuruuteen vaikuttavat johtimen poikkipinta-ala ja pituus. Oikosulkuvirralla on asetettu arvot, jotka määrittävät, kuinka suuri sen tulisi olla tietyn kokoisella sulakkeella ja johdon pituudella. Jos esimerkiksi pistorasian oikosulkuvirta ei ole riittävä, voi ratkaisuksi olla pienempi sulake tai johdon vaihto suurempi poikkipinta-alaiseen.

Vikavirtasuojan testaaminen sisältää itse vikavirtasuojan testipainikkeen painalluksen sekä laukaisuvirran mittauksen. Nykyaikaiset mittarit mittaavat myös laukaisuajan, eli ajan kauanko vikavirtasuojalla kestää laueta, kun on saavutettu laukaisuvirta. Vikavirtasuojan toiminta perustuu vaihejohtinta menevän ja nollajohtintaan palaavan virran vertailuun. Jos nämä virrat eivät ole tarpeeksi samankokoisia, vikavirtasuojaa laukeaa.

Kiertokentän mittaus varmistaa, että vaiheet ovat oikeassa järjestyksessä. Väärä järjestys voi aiheuttaa esimerkiksi kolmivaihemoottorin pyörimisen väärään suuntaan.

Nykyään on olemassa mittareita, jotka pystyvät mittaamaan kaikki nämä arvot yhdellä kertaa. Esimerkiksi käyttäen mittajohtoa jossa on pistotulppa, mittari voi mitata pistorasiasta kaikki nämä arvot yhdellä mittauksella, jos kyseessä on vikavirtasuojattu ryhmä. Mittari mittaa ensin silmukkaimpedanssin ja laskee oikosulkuvirran, sekä

nollan ja vaiheiden välisen että suojajohtimen ja vaiheiden välisen, ja laskee näistä suojajohtimen jatkuvuuden. Sitten mittari mittaa vikavirtasuojan laukaisujan ja -nopeuden. Lopuksi mittari mittaa eristysvastuksen jännitteettömästä ryhmästä, kun vikavirtasuoja on lauennut.

8 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli saada aikaiseksi asiakkaalle omakotitalon sähkösuunnitelma. Tässä vaiheessa talo on jo rakennettu, ja suunnitelma todettu toimivaksi. Joitain muutoksia tietenkin ilmeni sähköasentajan toimesta, kuten aina kohteessa tekotavat tarkentuvat. Suuria muutoksia ei kuitenkaan ilmennyt koska olen itse ollut asentajan roolissa ja tiedän monia asioita, joita yleensä tehdään toisin kuin on suunniteltu. Sain myös apua vanhemmalta asentajalta kun aloin suunnitelmaa tekemään.

LÄHTEET

D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo.

Mittauskeskus Ensto Fe Waltteri. Haettu 10.5.2024 osoitteesta https://assets.legrand.com/pim/AUTRE/2D_0000003276_V1.pdf

NIBE vesi-ilmalämpöpumput. Haettu 25.4.2024 osoitteesta <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/tietoa-eri-lampopumpuista/mita-ilma-vesi-lampo-on>

SFS-käsikirja 600-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset. 2017. SESKO ry

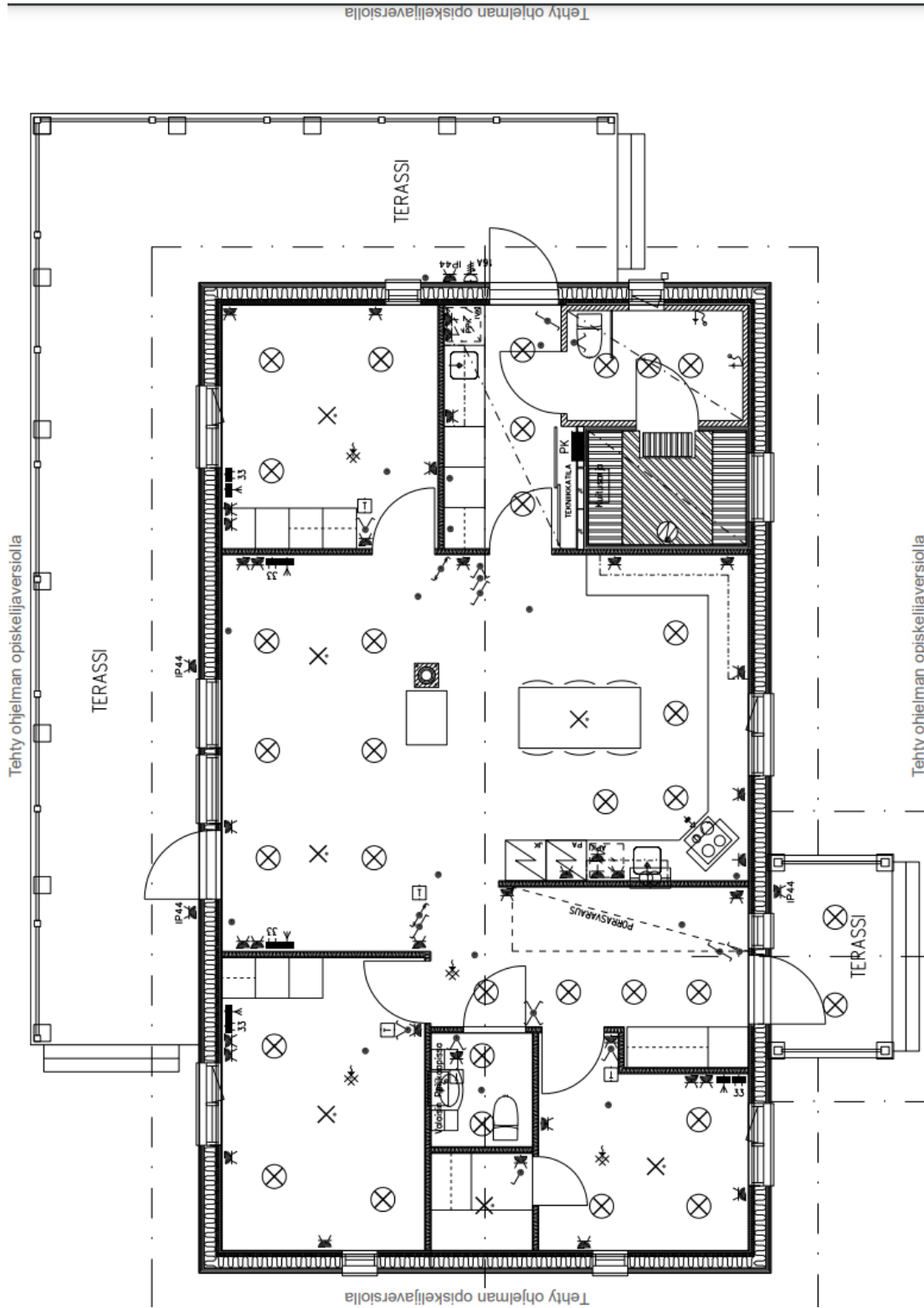
SFS-käsikirja 600-1-2. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2: Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset. 2017. SESKO ry

Sähköturva.info. Haettu 19.4.2024 osoitteesta https://www.sahkoturva.info/sahkon_kaytto_kotona/sahkolaitteiden_ip_luokitus/fi_FI/mika_on_ip_luokitus/

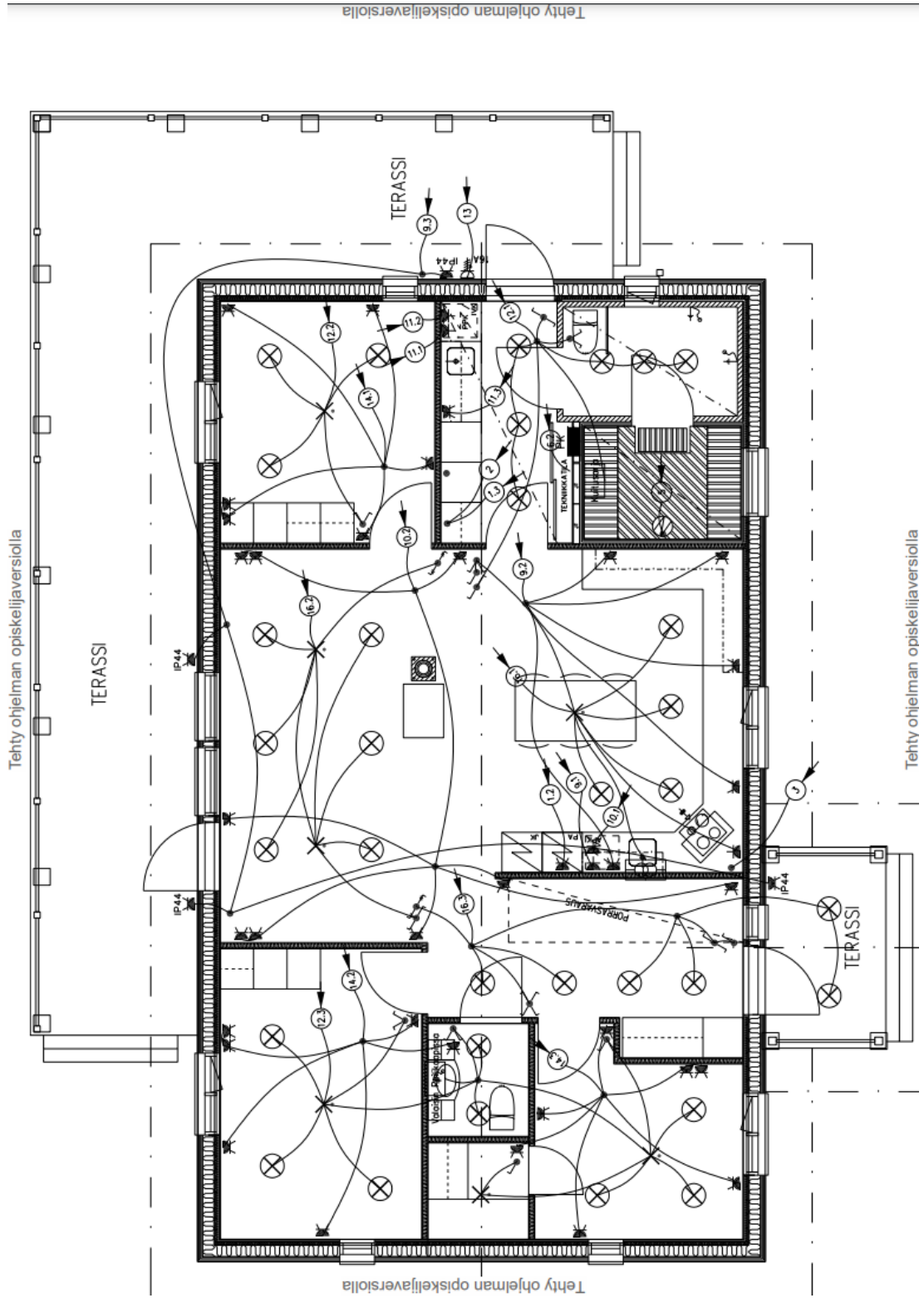
Tukes. Haettu 1.5.2024 osoitteesta <https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset>

Universal Networks. Haettu 30.4.2024 osoitteesta <https://www.universal-networks.co.uk/faq/what-does-utp-s-utp-ftp-stp-and-sftp-mean/>

SÄHKÖPISTEET



JOHDOTUS



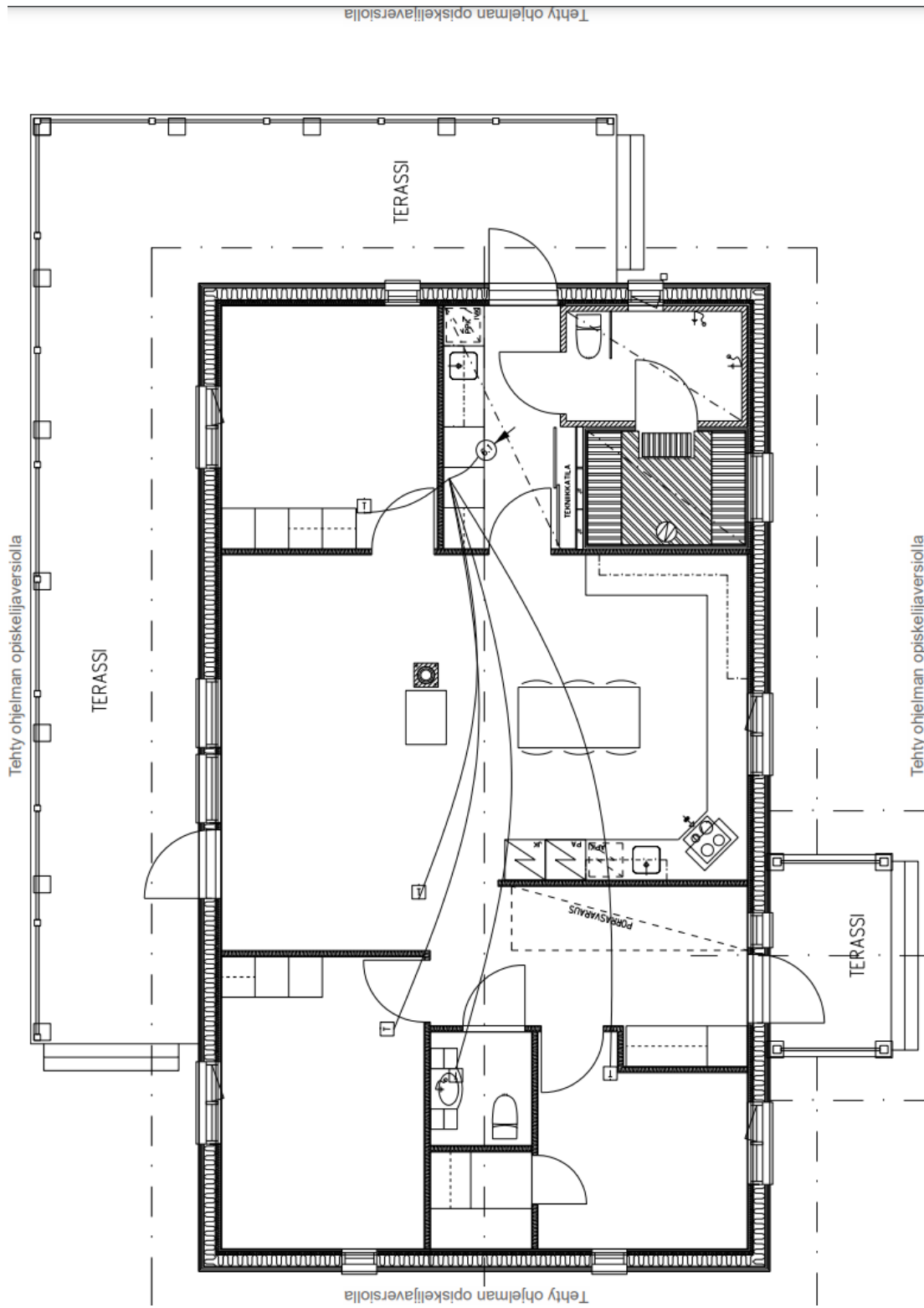
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

LÄMMITYS



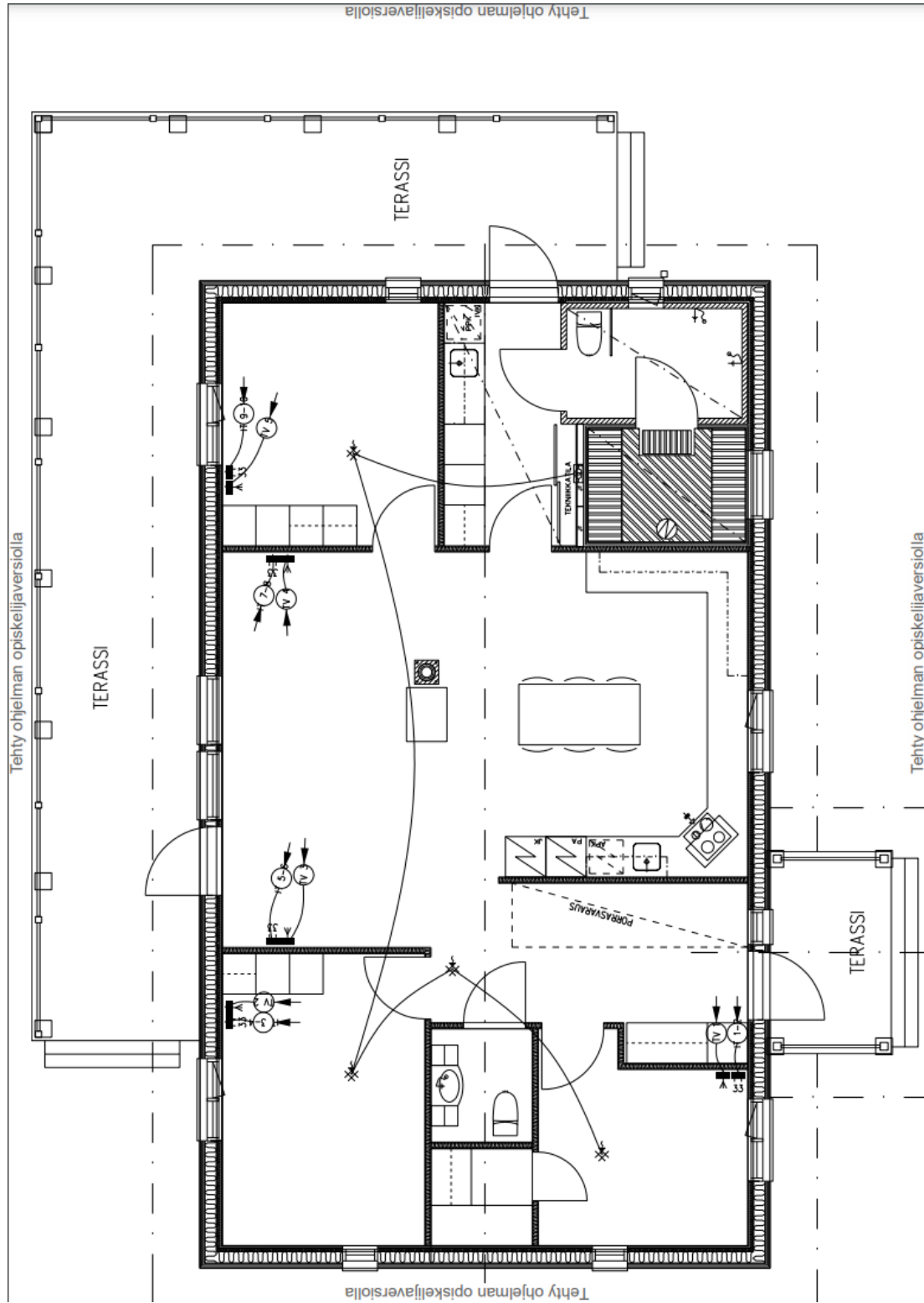
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

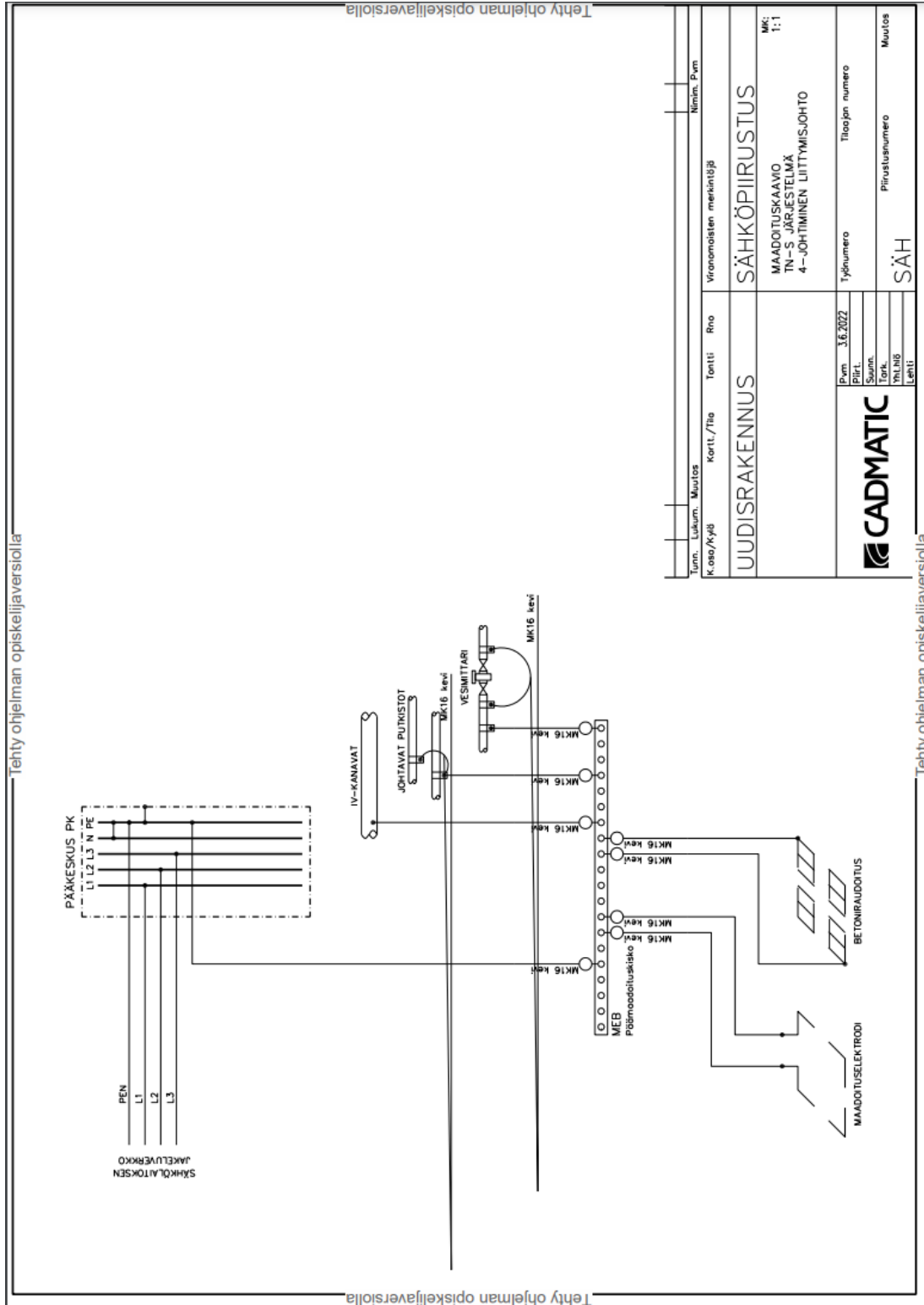
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

HEIKKOVIRTA

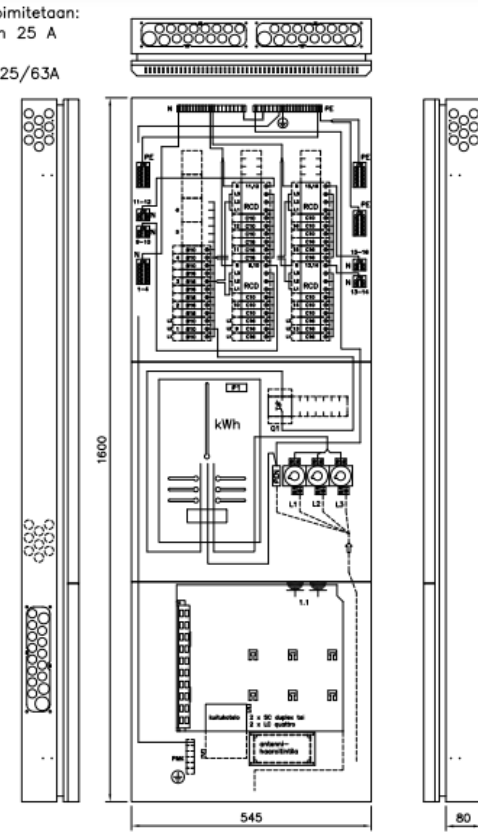
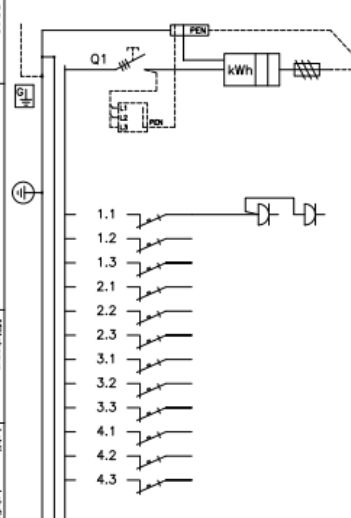


MAADOITUSKAAVIO



Tunn.	Lukun.	Muutos	Kortti./Tila	Tonit	Rno	Vironomaisten merkintä	Nimim.	P.m
K.osa/A.yö			SÄHKÖPIIRUSTUS					
UUJISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS					
MAADOITUSKAAVIO			MAADOITUSKAAVIO					
TN-S JÄRJESTELMÄ			TN-S JÄRJESTELMÄ					
4-JOHTIMINEN LIITTYMISJÖHTO			4-JOHTIMINEN LIITTYMISJÖHTO					
MK: 1:1			MK: 1:1					
Pvm 3.6.2022			Työnumero			Tilaajan numero		
Pilt.L.			Suunn.			Pirustusnumero		
Tark.			Vh.Liis			Mauos		
Lentt.			SÄH					
CADMATIC								

PÄÄKAAVIO 1/2

<p>Rakennusasiakkaan nimi ja osoite</p>	<p>Rakennusluovutuspöytäkirja</p> <p>Keskuksen mitoitusarvot EN 61 439-1 ja EN 61 439-3 Tyyppi ESNV 345.36-RJ SSSL nro 3301600 EAN nro 6418677677830 Nimellivirta I_{nA} 50 A Nimellisjännite $U_n (=U_i)$ 400 V Kotelointiluokka IP20C Liittymisteho kW Massa 36 kg I_{nB} Nimellivirta-piirit: ...25 A max. I_{cW} Oikosulkukestoisuus < 10 kA 1s</p> <p>Nimellivirta 2...3 varoketta/vaihe: 0,8 4...5 varoketta/vaihe: 0,7 6...9 varoketta/vaihe: 0,6 >10 varoketta/vaihe: 0,5</p> <p>Nimellitaajuus: 50 Hz Suojaus sähköiskuilta: Suojaluokka I Maadoitusjärjestelmä: TN-järjestelmä Ympäristö: Normaali, kohdan 7.1 mukaiset EMC-käyttöympäristö: A ja B</p>	<p>Keskuksen mukana toimitetaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 kpl pohjakosketin 25 A - 3 kpl sulake 25A - 3 kpl sulakelanssi 25/63A 																																																																											
<p>Mittauskeskus IT-OSALLA MIK</p>	<p>Muutos B 30.12.2014 Lisätty sulaketarvikkeet keskuksen.</p> <p>Muutos C 06.09.2018 N- ja PE-liittinmuutos ja kokoonpanomuutos</p>	<p>1600</p> <p>545</p> <p>80</p> <p>130</p>																																																																											
<p>Ennen keskuksen käyttöönottoa pitää kaikki päävirtapiiriin ruuviliitokset jälkikierittää Keskus altistuu kuljetusten aikana tärinälle ja siksi ruuviliitosten kireys pitää tarkistaa.</p>	<p>Mittauskeskus IT-osalla, johdonsuoja-automaateilla ja vikavirtasuojakytkimillä. Pinta- ja uppoasennukseen.</p>																																																																												
<p>Ensto logo</p> <p>ENSTO FINLAND OY Esio Mattilankatu 2, 06101 Poroo puh. 0204 76 21 ensto@ensto.com</p>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kaavio</th> <th>Nimitys</th> <th>A/A</th> <th>Laji</th> <th>mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Liittymisjohto max: Al50 tai Cu35</td> <td>25/63</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>tilavarauus ylijännitesuojalle</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>Pistorasiat, vain IT-laite käyttöön</td> <td>B10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>Jääkaappi</td> <td>B10</td> <td>ML 3x1,5S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>NIBE ohjaus</td> <td>B10</td> <td>ML 3x1,5S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>NIBE ilma-vesilämpöpumppu</td> <td>B16</td> <td>MMJ 5x6S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>NIBE ilma-vesilämpöpumppu</td> <td>B16</td> <td>MMJ 5x6S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>NIBE ilma-vesilämpöpumppu</td> <td>B16</td> <td>MMJ 5x6S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>Liesi</td> <td>B16</td> <td>ML 5x2,5S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>Liesi</td> <td>B16</td> <td>ML 5x2,5S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>Liesi</td> <td>B16</td> <td>ML 5x2,5S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>Jätevesipumppaamo</td> <td>B10</td> <td>MCMK 4x2,5+2,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>Jätevesipumppaamo</td> <td>B10</td> <td>MCMK 4x2,5+2,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>Jätevesipumppaamo</td> <td>B10</td> <td>MCMK 4x2,5+2,5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Kaavio	Nimitys	A/A	Laji	mm ²		Liittymisjohto max: Al50 tai Cu35	25/63				tilavarauus ylijännitesuojalle				L1	Pistorasiat, vain IT-laite käyttöön	B10			L2	Jääkaappi	B10	ML 3x1,5S		L3	NIBE ohjaus	B10	ML 3x1,5S		L1	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S		L2	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S		L3	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S		L1	Liesi	B16	ML 5x2,5S		L2	Liesi	B16	ML 5x2,5S		L3	Liesi	B16	ML 5x2,5S		L1	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5		L2	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5		L3	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5	
Kaavio	Nimitys	A/A	Laji	mm ²																																																																									
	Liittymisjohto max: Al50 tai Cu35	25/63																																																																											
	tilavarauus ylijännitesuojalle																																																																												
L1	Pistorasiat, vain IT-laite käyttöön	B10																																																																											
L2	Jääkaappi	B10	ML 3x1,5S																																																																										
L3	NIBE ohjaus	B10	ML 3x1,5S																																																																										
L1	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S																																																																										
L2	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S																																																																										
L3	NIBE ilma-vesilämpöpumppu	B16	MMJ 5x6S																																																																										
L1	Liesi	B16	ML 5x2,5S																																																																										
L2	Liesi	B16	ML 5x2,5S																																																																										
L3	Liesi	B16	ML 5x2,5S																																																																										
L1	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5																																																																										
L2	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5																																																																										
L3	Jätevesipumppaamo	B10	MCMK 4x2,5+2,5																																																																										
<p>Mittauskeskus</p> <p>Mittausnumero</p> <p>1</p> <p>3</p>																																																																													

PÄÄKAAVIO 2/2

Fakerausluettelo Fakerausluettelon nimi ja sisältö Pääkaavio + kokoonpanokuvaukset Mittauskeskus IT-OSALLA MK	Mittauskeskus IT-osailla, johdonsuoja-automaateilla ja vikavirtasuojakytkimillä. Pinta- ja uppoasennukseen. PE,N,3L 50A 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kaavio</th> <th>Nimitys</th> <th>A/A</th> <th>Laji mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>L1</td><td>Kiuas</td><td>C16</td><td>ML 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Kiuas</td><td>C16</td><td>ML 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Kiuas</td><td>C16</td><td>ML 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td>Lattialämmitystermostaatit</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Palovaroitimet</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td></td><td>C10</td><td></td></tr> <tr><td>L1</td><td>Astianpesukone</td><td>C16</td><td>ML 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Pistorasiat keittiö</td><td>C16</td><td>ML 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Ulkopistorasiat</td><td>C16</td><td>MMJ 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td>Mikro</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Pistorasiat OH, ET</td><td>C10</td><td>ML 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td></td><td>C10</td><td></td></tr> <tr><td>L1</td><td>Kuivausrumpu</td><td>C16</td><td>ML 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Pesukone</td><td>C16</td><td>ML 3x2,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Pistorasia KH</td><td>C16</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td>Valaistus KHH, PH</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Valaistus MH</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Valaistus MH, MH, WC</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td>3 - Ulkopistorasia</td><td>C16</td><td>MMJ 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>3 - Ulkopistorasia</td><td>C16</td><td>MMJ 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>3 - Ulkopistorasia</td><td>C16</td><td>MMJ 5x2,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td>Pistorasiat MH</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Pistorasiat MH</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Pistorasiat MH</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L1</td><td></td><td>C16</td><td></td></tr> <tr><td>L2</td><td></td><td>C16</td><td></td></tr> <tr><td>L3</td><td></td><td>C16</td><td></td></tr> <tr><td>L1</td><td>Valaistus keittiö</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Valaistus olohuone</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Valaistus eteinen</td><td>C10</td><td>ML 3x1,5S</td></tr> </tbody> </table>	Kaavio	Nimitys	A/A	Laji mm ²	L1	Kiuas	C16	ML 5x2,5S	L2	Kiuas	C16	ML 5x2,5S	L3	Kiuas	C16	ML 5x2,5S	L1	Lattialämmitystermostaatit	C10	ML 3x1,5S	L2	Palovaroitimet	C10	ML 3x1,5S	L3		C10		L1	Astianpesukone	C16	ML 3x2,5S	L2	Pistorasiat keittiö	C16	ML 3x2,5S	L3	Ulkopistorasiat	C16	MMJ 3x2,5S	L1	Mikro	C10	ML 3x1,5S	L2	Pistorasiat OH, ET	C10	ML 3x2,5S	L3		C10		L1	Kuivausrumpu	C16	ML 3x2,5S	L2	Pesukone	C16	ML 3x2,5S	L3	Pistorasia KH	C16	ML 3x1,5S	L1	Valaistus KHH, PH	C10	ML 3x1,5S	L2	Valaistus MH	C10	ML 3x1,5S	L3	Valaistus MH, MH, WC	C10	ML 3x1,5S	L1	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S	L2	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S	L3	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S	L1	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S	L2	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S	L3	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S	L1		C16		L2		C16		L3		C16		L1	Valaistus keittiö	C10	ML 3x1,5S	L2	Valaistus olohuone	C10	ML 3x1,5S	L3	Valaistus eteinen	C10	ML 3x1,5S
Kaavio	Nimitys	A/A	Laji mm ²																																																																																																																											
L1	Kiuas	C16	ML 5x2,5S																																																																																																																											
L2	Kiuas	C16	ML 5x2,5S																																																																																																																											
L3	Kiuas	C16	ML 5x2,5S																																																																																																																											
L1	Lattialämmitystermostaatit	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L2	Palovaroitimet	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L3		C10																																																																																																																												
L1	Astianpesukone	C16	ML 3x2,5S																																																																																																																											
L2	Pistorasiat keittiö	C16	ML 3x2,5S																																																																																																																											
L3	Ulkopistorasiat	C16	MMJ 3x2,5S																																																																																																																											
L1	Mikro	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L2	Pistorasiat OH, ET	C10	ML 3x2,5S																																																																																																																											
L3		C10																																																																																																																												
L1	Kuivausrumpu	C16	ML 3x2,5S																																																																																																																											
L2	Pesukone	C16	ML 3x2,5S																																																																																																																											
L3	Pistorasia KH	C16	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L1	Valaistus KHH, PH	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L2	Valaistus MH	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L3	Valaistus MH, MH, WC	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L1	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S																																																																																																																											
L2	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S																																																																																																																											
L3	3 - Ulkopistorasia	C16	MMJ 5x2,5S																																																																																																																											
L1	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L2	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L3	Pistorasiat MH	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L1		C16																																																																																																																												
L2		C16																																																																																																																												
L3		C16																																																																																																																												
L1	Valaistus keittiö	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L2	Valaistus olohuone	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
L3	Valaistus eteinen	C10	ML 3x1,5S																																																																																																																											
Pääkaavio Pääkaavio + kokoonpanokuvaukset Mittauskeskus IT-OSALLA MK	PTFIX-jousiliittimet keskuksessa: - johtimien kuorintapituudet	Liittimen syöttöjohtimien vapautuspainike Johtinpaikat 1,5-2,5 mm ² kuorintapituus 8-10 mm Johtimien vapautuspainikkeet Johtinpaikat 1,5-2,5 mm ² kuorintapituus 8-10 mm Liittimen syöttöjohtimien 1,5-6(10) mm ² kuorintapituus 10-12 mm																																																																																																																												
PTFIX-jousiliittimet Phoenix tuotekoodi Sähkö nro Nimitys	PTFIX 6/18X2,5-NS35 BU 19 631 99 N-liitin, sininen	PTFIX 6/18X2,5-NS35 GN 19 632 79 PE-liitin, vihreä																																																																																																																												

SÄHKÖSELOSTUS

TUOMAS JUHOLA

Mielahdentie 9
38760 Venesjärvi

Juha Lähteenmäki

Puhelin: 050xxxx896

Sähköposti: juha.lahteenmaki@student.samk.fi

TIEDOT KOHTEESTA

Jakeluverkon haltija

Vatajankoski sähköverkko Oy

Valokuituverkko

Pohjois-Satakunnan seutuverkko

SÄHKÖN KÄYTTÖJÄRJESTELMÄT

SÄHKÖTYÖT

Työ tehdään SFS 6000 ja 6002 määräyksiä noudattaen.

Työ suoritetaan voimassa olevien standardien mukaan, sekä tehdään siististi ja hyvää asennustapaa noudattaen.

KÄYTTÖÖNOTTO

Urakoitsijan on suoritettava vaadittavat testit ja mittaukset.

- aistinvarainen tarkastus
- vaaditut testaukset ja mittaukset
- laitteiden toiminta

LUOVUTUSASIAKIRJAT

Kohteesta luovutetaan rakentajalle korjatut toteutus ja luovutuspiirustukset:

- johdotuspiirustukset
- toimituksiin sisältyvien laitteiden takuutodistukset
- eri järjestelmien käyttöohjeistus

SÄHKÖASENNUSTYÖT

Asennukset toteutetaan pukittamalla ML tai MK johtimin, tai käyttäen putkijohtoa.

Sähkökalusteina käytetään Schneider Exxact valkoista kalustesarjaa.

Kytkimien asennuskorkeus on 1,0 m, kytkinyhdistelmät asennetaan pystysuoraan.

Pistorasioiden asennuskorkeus 20 cm, ja yhdistelmät asennetaan vaakasuoraan, heikkovirtakalusteet eri peitelevyn alle.

Työpöydän yläpuolelle tulevat kalusteet 1,2 m tai kalustekuvan mukaan.

Peilivalojen korkeus 1,9 m, tai kalustekuvan mukaan kuten esimerkiksi valopeili.

Palovaroitinjärjestelmä

Kohteeseen asennetaan verkkovirralla toimiva päätelaite, josta johdotetaan heikkovirralla toimivat palovaroittimet.

Antennijärjestelmä

Kohteeseen asennetaan oma antenni, vahvistin ja tarvittavat haaroittimet. Rasiat johdotetaan esim. Tellu 13 kaapelilla.

Asennuksista laaditaan mittauspöytäkirja.

Yleiskaapelointijärjestelmä

Rakennus varustetaan yleiskaapelointijärjestelmällä.

Kaapelointi tehdään CAT 6A U/UTP kaapelilla, ja asennukset suoritetaan Viestintäviraston määräysten 65 mukaan, sekä järjestelmästä laaditaan mittauspöytäkirja.

Testaukset ja mittaukset

Testauksissa ja mittauksissa on käytettävä kalibroituja mittalaitteita.