

Jake Sipinen

**BLOOMIUUNIN  
PROSESSISÄHKÖKESKUKSEN  
UUSINTA  
Esisuunnitelma**

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Tutkintonimike  | insinööri (AMK)  |
| Tekijä/Tekijät  | Jake Sipinen   |
| Työn nimi       | Bloomiuunin prosessisähkökeskuksen uusinta, esisuunnitelma |
| Toimeksiantaja  | Ovako Imatra Oy Ab   |
| Vuosi           | 2021   |
| Sivut           | 36 sivua, liitteitä 18 sivua                               |
| Työn ohjaaja(t) | Hannu Honkanen, Jukka Kyllönen                             |

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ja laittaa alulle esisuunnitelma vuonna 1988 toimitetun prosessisähkökeskuksen uusinnasta. Työn tuloksena esisuunnitelma budjettitarjousta varten keskusuusinnan, suunnitelmien, asennusten ja kaapeloinnin budjettitarjousta varten. Työssä tarkasteltiin lisäksi keskuksen nimellisvirran kasvattamista, syöttökaapelointien ja muuntajatehon kannalta.

Työ tehdään todelliseen tarpeeseen, sillä keskuksella on paljon ikää ja varaosien saatavuus on erittäin heikko. Keskuksen korkea ikä aiheuttaa myös mekaaniseen toimintaan epävarmuutta.

Työn teoriaosuudessa läpikäydään dokumentointia, keskuksen vaatimuksia, vika- ja oikosulkusuojausta, maadoituksia sekä kaapelin mitoitusta. Materiaaleina käytetään aiheeseen liittyvää alan kirjallisuutta, valmistajien omia dokumentteja, Ovakon omia standardeja sekä SFS-standardeja.

Nykyisestä, käytössä olevasta keskuksista selvitettiin käytössä olevat lähdöt, kartoitettiin tilaajan kanssa laajennustarpeita ja sen aiheuttamia muutoksia. Uutta keskusta varten kartoitettiin pää- ja piirikaaviot keskustarjousta varten.

Nykyisen keskuksen tilalle tulevasta, uudesta prosessisähkökeskuksesta pyydettiin tarjous keskusvalmistajalta. Uusinnan kokonaiskustannuksista laskettiin myös kustannusarvio, joka koostui uudesta keskuksista sekä tarvittavista rakennus- ja sähkötoista.

Valtaosa insinööriyöstä kului ajallisesti vanhan keskuksen lähtöjen selvitykseen sekä keskuskaavioiden kartoitukseen ja päivittelyyn. Työn tuloksena saatiin aikaan suuntaa antava materiaali budjettitarjousta varten keskuksen uusinnasta, jonka pohjalta tilaaja voi aloittaa urakan keskusvalmistajan ja sähköurakoitsijan kanssa.

Asiasanat: dokumentointi, prosessisähkökeskus, kustannusarvio, esisuunnitelma

|                  |  |
|------------------|--|
| Degree           | Bachelor of Engineering                              |
| Author (authors) | Jake Sipinen   |
| Thesis title     | Preplanning of new bloom furnace process switchboard |
| Commissioned by  | Ovako Imatra Oy Ab                                   |
| Time             | 2022   |
| Pages            | 36 pages, 18 pages of appendices                     |
| Supervisor       | Hannu Honkanen, Jukka Kyllönen                       |

## ABSTRACT

The goal of this thesis was to produce and start a preliminary plan for the modernization of the process power center of a bloom furnace at the Ovako Imatra steel mill. As a result, it was intended that the renewal plan would contain a budget quotation of the switchboard as well as blueprints of the plans, installation and wiring. The modernization is pertinent, since the existing power center is from 1988, the spare parts have become hard to get, and the state of the center itself has been deteriorating further. Hence, there was a real need for this plan.

The theory part discusses demands and a theory relating to power centers, residual current and phase-fault protection as well as earthings. The materials used were relevant literature, service provider's own documents, and Ovako's own standards as well as Finnish national SFS standards.

Electric connections were checked at the existing power center, as well as a possible need for extra capacity regarding possible future expansions. The changes required by that need for extra capacity were surveyed. Circuit diagrams and main drawings were updated for the preliminary plan.

A quotation was inquired from the product manufacturer based on this thesis. Then, a cost estimate was calculated of the total costs for this project, which included the new process power center, necessary components and the required construction and electrical work.

The majority of time spent on this thesis was used for identifying electrical outputs and preparing the compensatory plans for electrical schematics. As a result, a directional preliminary plan for the power center modernization was created and started. Using this plan, the client can start the arduous work together with the component manufacturers and contractors.

Keywords: documentation, model, thesis, report writing, preliminary plan

# SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....                                  | 8  |
| 2     | TOIMEKSIANTO.....                              | 8  |
| 2.1   | Ovako .....                                    | 9  |
| 2.2   | Bloomiuunin vanha prosessisähkökeskus .....    | 9  |
| 2.14  | Uuden prosessisähkökeskuksen määrittelyt.....  | 12 |
| 3     | SÄHKÖKESKUSTEN HANKINTAMALLI .....             | 12 |
| 3.1   | Kansilehti .....                               | 13 |
| 3.2   | Pääkaaviot.....                                | 13 |
| 3.3   | Piirikaaviot .....                             | 13 |
| 3.4   | Sähkötyöselostukset.....                       | 14 |
| 4     | DOKUMENTOINTI.....                             | 14 |
| 4.1   | Valmistussuunnitelma .....                     | 15 |
| 4.2   | Toimitus sekä kuljetus- ja asennusohjeet ..... | 15 |
| 5     | SÄHKÖKESKUKSET TEOLLISUUDESSA.....             | 16 |
| 5.1   | Standardit .....                               | 16 |
| 5.2   | Rakenteelliset vaatimukset .....               | 16 |
| 5.3   | Kotelointityypit.....                          | 19 |
| 5.3.1 | Kennokeskus .....                              | 19 |
| 5.3.2 | Kotelokeskus .....                             | 20 |
| 5.2.3 | Kehikkokeskus.....                             | 21 |
| 6     | OIKOSULKUVIRTA .....                           | 22 |
| 6.1   | Oikosulkurasitus .....                         | 23 |
| 6.1.1 | Terminen oikosulkuvirta.....                   | 23 |
| 6.1.2 | Prospektiivinen oikosulkuvirta.....            | 25 |
| 6.1.3 | Dynaaminen oikosulkuvirta .....                | 26 |
| 6.2   | Oikosulkusuojaus.....                          | 26 |
| 6.2.1 | Kahva- ja tulppasulakkeet.....                 | 27 |

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 6.2.2 | Johdonsuojakatkaisijat.....   | 28 |
| 6.2.3 | Katkaisijat .....             | 28 |
| 7     | KAAPPELEIDEN MITOITUS.....    | 28 |
| 7.1   | Johtimen poikkipinta .....    | 29 |
| 7.2   | Jännitteen alenema .....      | 29 |
| 8     | VALOKAARISUOJAUS .....        | 30 |
| 9     | MAADOITUKSET .....            | 31 |
| 9.1   | Suojajohdin.....              | 31 |
| 9.2   | Maadoitusjohdin .....         | 31 |
| 9.3   | Päämaadoituskisko .....       | 32 |
| 9.4   | Potentiaalintasaus .....      | 32 |
| 10    | KESKUSSUUNNITTELU .....       | 32 |
| 10.1  | Selvitykset ja tulokset ..... | 33 |
| 11    | YHTEENVETO .....              | 34 |
|       | LÄHTEET.....                  | 35 |

## KUVALUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Verkostolaskelmat

Liite 2. Pääkaaviot

Liite 3. Mallipiirikaavio 1

Liite 4. Mallipiirikaavio 2

Liite 5. Mallipiirikaavio 3

Liite 6. mallipiirikaavio 4

Liite 7. Mallipiirikaavio 5

## KÄSITTEET

Oikosulkuvirta  $I_c$

Määrätyssä oikosulussa esiintyvä sähkövirta, joka voi aiheutua suunnittelemattomasti sähköpiirin viasta tai virheellisestä kytkennästä johtuen.

Keskuksen nimellisvirta  $I_n$

Virta, jonka mukaan asennus tai sen osa on suunniteltu ja nimetty toimimaan.

IP-luokitus

Kotelointiluokitus, joka määrittää laitteen suojaustason vedeltä, pölyltä ja vierailta esineiltä.

Jännitteelle altis osa

Sähkölaitteen johtava osa, jota on mahdollista koskettaa ja joka ei ole jännitteinen normaalisti. Voi tulla jännitteiseksi eristysvian takia.

## LYHENTEET

|            |   |                    |
|------------|---|--------------------|
| $t$        | oikosulun sallittu kesto aika           | [s]                |
| $k$        | johdinvakio (kuva 8)                    |                    |
| $I$        | oikosulkuvirran suuruus                 | [A]                |
| $A$        | johtimen poikkipinta                    | [mm <sup>2</sup> ] |
| $I_{th}$   | terminen oikosulkuvirta                 | [A]                |
| $I_{k''}$  | alkuoikosulkuvirta                      | [A]                |
| $m$        | tasavirtatekijä (kuva 8)                |                    |
| $n$        | vaihtovirtatekijä (kuva 9)              |                    |
| $t_k$      | vian kesto                              | [s]                |
| $I_{k'}$   | oikosulkuvirta sen alkamishetkellä      | [A]                |
| $c$        | jännitekerroin (taulukko 2)             |                    |
| $U_n$      | pääjännite                              | [V]                |
| $R_k$      | resistanssi verkossa                    | [ohm]              |
| $X_k$      | reaktanssi verkossa                     | [ohm]              |
| $Z_k$      | impedanssi verkossa                     | [ohm]              |
| $I_{pk}$   | dynaaminen oikosulkuvirta               | [A]                |
| $I_{cp}$   | prospektiivinen oikosulkuvirta          | [A]                |
| $n$        | vaihtovirtatekijä (kuva 9)              |                    |
| $\Delta U$ | jännitteenalennema                      | [V]                |
| $I$        | kuormitusvirta                          | [A]                |
| $l$        | johdon pituus                           | [m]                |
| $r$        | ominaisresistanssi                      | [ohm/m]            |
| $x$        | ominaisreaktanssi                       | [ohm/m]            |
| $\varphi$  | jännitteen ja virran välinen vaihekulma |                    |

## **1 JOHDANTO**

Työn tavoitteena on laatia esisuunnitelma vanhan prosessisähkökeskuksen uusinnasta. Kohteena toimii Ovako Imatra Oy Ab:n terästehtaan bloomien tasauskuumennusuunin prosessisähkökeskus. Vanha keskus on 1980-luvulla käyttöönotettu ja on saavuttanut käyttöikänsä pään. Uusinnan tarkoituksena on parantaa käyttövarmuutta, varautua mahdollisiin uudistuksiin/laajennuksiin sekä taata varaosien hyvä saatavuus.

Keskuksen nimellisvirran kasvatusmahdollisuuksia kartoitetaan myös, jolloin tulee huomioida kaapelointi sekä laitteisto ja niiden kuormitettavuus. Muutokset tulee päivittää dokumentointiin, mikäli uudistuksessa niitä tehdään.

Työssä käydään läpi sähkökeskusten hankintamallia, siihen liittyvää dokumentointia sekä sähkötekniisiä asioita, joita tulee ottaa huomioon sähkökeskuksen uusintaa suunniteltaessa.

## **2 TOIMEKSIANTO**

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Ovako Imatra Oy ab, jossa olen työskennellyt aiemmin vuonna 2019 kesätyönjohtajana, ja jälleen opinnäytetyöni aikana kevästä 2021 alkaen, työsuhteen jatkuen toistaiseksi.

## 2.1 Ovako

Ovako on johtava koneenrakennusterästen valmistaja Euroopassa, jonka asiakkaat painottuvat esimerkiksi laakeri-, ajoneuvo- sekä konepajateollisuuteen. Ovako panostaa kestävään, puhtaaseen ja lujaan teräkseen, joka valmistetaan pääasiassa kierrätysromusta. Tämän ansiosta terästuotteiden hiilijalanjälki on jopa 80 prosenttia maailmanlaajuista keskiarvoa pienempi. Ovakolla löytyy toimipisteitä Euroopassa, Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa. Ovako on ollut Sanyo Special Steelin tytäryhtiö maaliskuusta 2019 lähtien. Sanyo Special Steel on maailman markkina- ja teknologiajohtaja erikoisteräksen valmistuksessa ja on osa maailman suurimpiin teräsyhtiöihin kuuluvaan Nippon Steel Corporationia. (Ovako Ab 2021 s.a.)

Ovako Imatran terästehdas sijaitsee Kaakkois-Suomessa, Saimaan vuoksen rannalla ja työllistää noin 550 työntekijää. Imatralla tuotettua, korkeatasoista terästä käytetään maailmanlaajuisesti johtavien yritysten toimesta mm. tehonsiirtolaitteisiin ja muuntajiin, akseleihin, kampiakseleihin, hammaspyöriin, laakereihin ja kaivoslaitteisiin. Imatran tunnetuin tuote on asiakkaan työstökustannuksia säästävä ja koneistusproseduurien tuottavuutta kasvattava M-Steel hyvän lastuttavuutensa vuoksi. (Ovako Ab 2021 s.a.)

## 2.2 Bloomiuunin vanha prosessisähkökeskus

Bloomien tasauskuumennusuuni sijaitsee karkeavalssausprosessin alkupäässä, ennen bloomien valssauspaikkaa. Bloomiuunin tarkoituksena on valmistella, eli saattaa oikeaan lämpötilaan bloomit tulevaa valssausta varten, jossa lämmitetyt terästangot ajetaan valssien välistä. Tällä saavutetaan teräkseen tiiviimpi ja lujempi rakenne. Ennen valssausta bloomille suoritetaan ns. hilseenpoisto, jossa kuumennetusta bloomista sen pinnalle irronnut kuona puhdistetaan pesupaikalla koneellisesti.

Uusittava prosessisähkökeskus on sijoitettu omaan sähkötilaansa maanalaisen jalankulkutunnelin päähän, ennen ns. uunihallin sisäänkäyntiä.

Tasauskuumennusuunin pääkeskusta syötetään 1 MVA 10,5kV/0,4kV muuntajalta, joka saa syöttönsä tehtaan 10kV kojeistolta. Nykyisen Bloomiuunikeskuksen nimellisvirta  $I_n$  on 1410A (kts. liite 1).

Vanhaan sähkökeskukseen ei ole enää saatavilla varaosia ja keskuksen yleiskunto on muutoinkin välttävä, joten uusinta on tarpeen lähitulevaisuudessa.

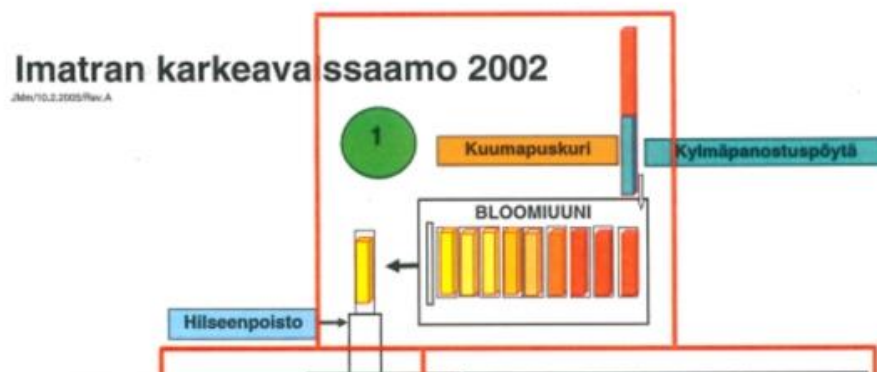
Sähkötilassa on hyvä ilmanvaihto, joten lämpötila ei pääse kohoamaan normaalien käyttöolosuhteiden ulkopuolelle. Vanhat keskuksat puretaan ja uuden keskuksen sijainti tulee olemaan vanhan paikalla.



Kuva 1. Uusittavat A39 polttoilmapuhallin keskus ja A35 moottorikeskus



Kuva 2. Uusittavat A35 moottorikeskus ja A21 apujännitekeskus



Kuva 3. Ovako Imatra Oy Ab karkeavaalssaamon osio 1, jossa bloomien tasauskuumennusuuni sijaitsee. (muokattu, Mämmi 2005.)

## **2.14 Uuden prosessisähkökeskuksen määrittelyt**

Keskusvalmistajalle toimitetaan päivitettyt pääkaaviot ja piirikaaviot olemassa olevista lähdöistä, jotka on modernisoitu vastaamaan tilaajan tarpeita nyt ja tulevaisuudessa. Esimerkiksi nykyisessä keskuksessa olevat ovimikrokytkimet jätetään kokonaan pois, samoin kuin virtamittaus usean lähdön kohdalla.

Keskuksissa käytetyt liitinmerkinnät ja nimet pidetään samoina, sillä niihin viitataan lukuisissa keskuksissa ja niiden piirikaavioissa, esimerkiksi logiikka- ja taajuusmuuttajalähdöissä. Näin vältetään suurelta lisätyömäärältä, kun ei keskusten ulkopuolisia lähtöjä ja viittauksia ei tarvitse päivittää niiden ollessa edelleen valideja.

Uusinnasta pyydetään tarjoukset 1,0 MVA (nykyinen) sekä 1,6MVA muuntajavaihtoehtoille siltä varalta, että halutaan kasvattaa keskuksen kapasiteettia.

## **3 SÄHKÖKESKUSTEN HANKINTAMALLI**

Sähkökeskuksen uusintaa suunniteltaessa keskusvalmistaja tarvitsee tietoja kohteesta, jotka toimitetaan valmistajalle pääasiassa AutoCAD-pohjaisina tiedostoina. Keskusvalmistaja valmistaa keskuksien toimitettujen tietojen ja suunnitelmien mukaan. Tarjoushankinnassa tarvittuja dokumentteja voivat olla esimerkiksi

- kansilehdet
- pääkaaviot
- piirikaaviot
- sähkötyöselostukset
- ST 70.21 sähkökeskusten yleiset toimitusohjeet ja toimitusvaatimukset.

### **3.1 Kansilehti**

Kansilehdellä ilmoitetaan keskuksen keskeisimpiä ominaisuuksia sen valmistamisen kannalta. Siinä ilmoitetaan esimerkiksi keskuksen sähköteknilliset vaatimukset, tunnusmerkinnät, rakennetiedot, kalusteiden tiedot sekä syöttävän kaapelin tiedot. On tärkeää, että kansilehti on täytetty oikein ja huolellisesti. Kansilehdellä toimitetaan tieto keskuksen valmistajalle mm. keskustyypistä, nimellisvirrasta, jakelujärjestelmästä, kiinnitystavasta, IP-luokituksesta, oven lukitsemistavasta, keskuksen sijoitusympäristöstä sekä kaapeleiden tulojen ja lähtöjen suunnista.

### **3.2 Pääkaaviot**

Pääkaavion tarkoitus on esittää keskuksen kaikki tulot, lähdöt, komponentit sekä niiden kytkentäkuvat, suojalaitteet, suojattavien ryhmien tiedot, kaapeloinnit ja muut olennaiset lähtöihin liittyvät tiedot.

### **3.3 Piirikaaviot**

Piirikaavioissa on esitettyinä yksityiskohtaisempi versio kytkennöistä, verraten pääkaavion esitykseen. Piirikaaviot laaditaan kytkennöistä, joita ei pystytä esittämään tarpeeksi selkeästi pääkaaviossa. Piirikaavioissa on esitettyinä piiriin liittyvät komponentit, riviliittimet numeroituna sekä yksityiskohtaiset kytkentäohjeet. Piirikaavio jaetaan usein pääpiirikaavioon vasemmalla sekä ohjauspiirikaavioon oikealla puolella. Pääpiirikaaviossa on esitettyinä useimmiten sekä keskuksen sisäiset kytkennät että keskuksen ulkopuoliset kytkennät eroteltuna katkoviivalla.

### 3.4 Sähkötyöselostukset

Sähkötyöselostuksessa käsitellään toteutuksen sisältöä, käydään projekti läpi ja kuvataan haluttua toimintaa. Tässä voivat olla esitettyinä mm.

- toteutusohjeet ja -vaatimukset
- laitteet, tarvikkeet ja niiden vaatimukset
- suunnittelua koskevat tiedot ja vaatimukset yleisiä asennusohjeita
- dokumentointia ja huoltokirjaa koskevat vaatimukset
- takuuvaatimukset
- laadunvarmistus, luovutus ja käyttöönotto.

## 4 DOKUMENTOINTI

Keskusvalmistaja toimittaa sähkökeskuksesta standardien mukaisen dokumentoinnin ja keskuksen arvokilpi on löydyttävä näkyvältä paikalta kestävillä merkinnöillä varustettuna. Kaikista laitteista toimitetaan täydelliset tiedot ja dokumentit, jotka sisältävät ainakin seuraavat tiedot laitteista:

- tekniset tiedot
- toimintatiedot
- geometriatiedostot (mallinnusohjelmistoja varten)
- asennusohjeet
- ohjelmointiohjeet sekä ohjelmistot
- käyttöohjeet
- ylläpito-ohjeet
- purkuohjeet
- materiaalitiedot
- poisto-ohjeet.

Kaikki tiedot toimitetaan sähköisessä muodossa tiedostoina ja ne tallennetaan tilaajan tallennustietokantoihin/alustoille. (ST10.21, 8.)

Keskuksesta laaditaan sen hyväksyntää, valmistusta, asentamista, käyttöä, huoltoa sekä loppupiirustuksien laadintaa varten mm. alla mainitut asiakirjat:

- kokoonpanopiirustukset (valmistussuunnitelmat)
- kilpiluekkelot
- kojeluuekkelot
- lähtökohtaiset piirikaaviot (kytkentäkaaviot)
- testaus- ja tarkastuspöytäkirjat
- kuljetus- ja asennusohjeet.

#### **4.1 Valmistussuunnitelma**

Valmistussuunnitelmat hyväksytetään tilaajalla ennen komponenttihankintoja ja valmistuksen aloittamista. Valmistetun keskuksen on oltava todennetusti ja hyväksytysti testattu. Keskustyyppistä on esitettävä testauslaitoksen testauspöytäkirja pyydettäessä. (ST10.21, 7.)

#### **4.2 Toimitus sekä kuljetus- ja asennusohjeet**

Keskukset jaetaan kuljetuksen, asennuspaikan sekä kohteen kuljetusreitien edellyttämiin kuljetusosiin. Toimituksessa on oltava mukana ohjeet kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikaisista lämpötila- ja kosteusrajoista sekä ohjeet pakkausten käsitlemisestä siirtojen ja nostojen aikana. Pakkaustarvikkeiden on oltava kierrätyskelpoisia. Kaikille laitteille tehdään tavanomainen toimitustarkastus kohteelle saapumisen yhteydessä. (ST10.21, 8.)

Asennusohjeissa tulee esittää esimerkiksi seuraavat asiat:

- kojeiston osien mekaanisen liittämisen ohjeistus
- pää- ja suojamaadoituspiirien käsittelyohjeistus
- kojeiston asennusalustaan kiinnittämisohjeistus
- asennuspaikalla tehtävien sähköisten mittausten ja tarkastusten ohjeistus.

## **5 SÄHKÖKESKUKSET TEOLLISUUDESSA**

### **5.1 Standardit**

Standardi SFS-EN 61439 koskee pienjännitekeskuksia. Se jaetaan osiin seuraavasti:

1. SFS-EN 61439-1: Yleisvaatimukset
2. SFS-EN 61439-2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot
3. SFS-EN 61439-3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskuksset
4. SFS-EN 61439-4: Erityisvaatimukset työmaakeskuksille
5. SFS-EN 61439-5: Jakeluverkko keskuksset

Tämän opinnäytetyön prosessisähkökeskuksen esisuunnitelmaa koskee standardin haarat 1 sekä 2.

### **5.2 Rakenteelliset vaatimukset**

Keskusvalmistaja ja sähköurakoitsija arvioivat tarjousvaiheessa pääkaavion perusteella keskuksen koko ja varmistettava, että sille on varattu riittävä asennustila. Kojestot toimitetaan tehdasvalmisteisina, korroosiosuojattuina sekä pintakäsiteltyinä (pulverimaalaus tai muu vastaava). Sähkökeskuksen komponentit valitaan niin, että suunnitelmien mukaisten etusulakkeiden vähimmäisvirta- ja oikosulkukestoisuusarvot täyttyvät.

Sähkönsyötön kytkentätila, keskuksen pääkytkin, mittaukset, maadoituspisteet sekä muut syöttöön liittyvät komponentit sijoitetaan omaksi keskuslohkoksi, jolloin ne ovat erillään varsinaisista lähtöjen komponenteista. Jakokeskus on voitava erottaa jännitteettömäksi erotuskytkimellä tai vastaavalla. Keskus on varustettava pääkaavion mukaisesti pääkytkimellä tai pääkatkaisijalla. (D1:279. SFS 6000, kohta 729, liite X). Pääkytkimen on oltava standardin SFS-EN 60947-3 mukainen kuormanerotin tai SFS 60947-2 mukainen erottamiseen sopiva katkaisija. Pääkytkimen avulla ei tarvitse erottaa pääkytkintä tai jakokeskusta syöttävää johtoa, jakokeskuksessa ennen pääkytkintä olevia laitteita (esimerkiksi päävarokkeet), jakokeskuksessa tai sen syöttävällä alueella tarvittavia pääkytkimen ohi syötettäviä

erikoislaitteistoja (esimerkiksi kWh-mittari, turvavalolaitteisto, paloilmoinlaitteisto).

Keskuksen sisäisen johdotuksen virrankestoisuus mitoitetaan kuormitettavuuden näkökulmasta lähdön varokealustan (ei sulakkeen) mukaan, huomioiden oikosulkukestoisuusvaatimukset.

Käytettäviin kytkinvarokkeisiin sovelletaan standardia SFS-EN 60947-3. Kontaktorit valitaan standardin SFS-EN IEC 60947-4-1:2019 mukaisesti. Sulakkeet ja varokealustat valitaan soveltaen standardia SFS-EN 60269, johdonsuojakatkaisijat vastaavasti SFS 60898-1:2019 mukaan.

Keskuksilta vaaditaan vähintään seuraavat oikosulkuvirta-arvot, mikäli pääkaavion etulehdessä ei ole poikkeavaa mainintaa:

Taulukko 1. Vaaditut oikosulkuvirta-arvot (ST70.21:5.)

| Keskuksen nimellisvirta (In/A) | Terminen oikosulkuvirta (Icw/kA) | Dynaaminen oikosulkuvirta (Ipk/kA) |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Enintään 125                   | 5,0                              | 7,5                                |
| >125 – 250                     | 5,0                              | 7,5                                |
| >250 – 400                     | 6,3                              | 10,7                               |
| >400 – 630                     | 12,5                             | 25,0                               |
| >630 – 800                     | 16,0                             | 32,0                               |
| >800 – 1000                    | 20,0                             | 40,0                               |
| >1000 – 1600                   | 25,0                             | 52,5                               |
| >1600 – 2000                   | 31,5                             | 66,2                               |
| >2000 – 2500                   | 40,0                             | 84,0                               |
| >2500 – 3150                   | 50,0                             | 105,0                              |

IP-luokitus (International Protection) määrittää, kuinka hyvin rakenne on eristetty vierailta esineiltä, pölyltä ja vedeltä. Keskuksen rakenteiden tulee olla kotelointiluokaltaan vähintään IP2X (Suojattu 12,5 mm ja sitä suuremmilta halkaisijaltaan olevilta kappaleilta) sen ollessa asennettuna valmistajan ohjeita noudattaen. Keskuksen perussuojauksen täytyy estää myös käytön aikana jännitteisten osien koskettaminen. Tämä voidaan toteuttaa suojaamalla jännitteiset osat eristeellä, joka saadaan poistettua rikkomalla tai työkaluja käyttäen. Koteloiden ja suojausten tulee olla riittävän kestäviä. Johtavien suojarakenteiden täytyy olla standardeissa erikseen määriteltyjen ilma- ja pintavälien mukainen. Keskuskotelon komponentit tulee järjestellä siten, että niiden huoltaminen ja käyttö ovat mahdollista turvallisesti (SFS-EN 61439-1:2022).

#### **Ensimmäinen numero**

Laite on suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä seuraavasti:

- 0 Suojaamaton
- 1 Kun esineen halkaisija on yli 50 mm
- 2 Kun esineen halkaisija on yli 12,5 mm
- 3 Kun esineen halkaisija on yli 2,5 mm
- 4 Kun esineen halkaisija on yli 1,0 mm
- 5 Pölysuojattu
- 6 Pölytiivis

#### **Toinen numero**

Laite on suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta seuraavasti:

- 0 Suojaamaton
- 1 Pystysuoraan tippuvalta vedeltä
- 2 Tippuvalta vedeltä (+/- 15 astetta)
- 3 Satavalta vedeltä (+/- 60 astetta)
- 4 Roiskuvalta vedeltä
- 5 Vesisuihkulta (joka suunnasta)
- 6 Voimakkaalta vesisuihkulta
- 7 Lyhytaikaisesti upotettuna
- 8 Jatkuvasti upotettuna
- 9 Korkeapaineiselta ja kuumalta vesisuihkulta

Vapaaehtoisella lisäkirjaimella A – D ilmoitetaan, miten laite on erityisesti suojattu koskettamiselta

- A Suojattu nyrkiltä
- B Suojattu sormelta
- C Suojattu työkalulta
- D Suojattu langalta

Kuva 4. Selitykset IPXX-luokitusnumeroille. (Kuvakaappaus: <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>)

### 5.3 Kotelointityypit

Yleisimmät keskusrakenteet teollisuudessa ovat kennokeskus, kotelokeskus sekä kehikkokeskus.

#### 5.3.1 Kennokeskus

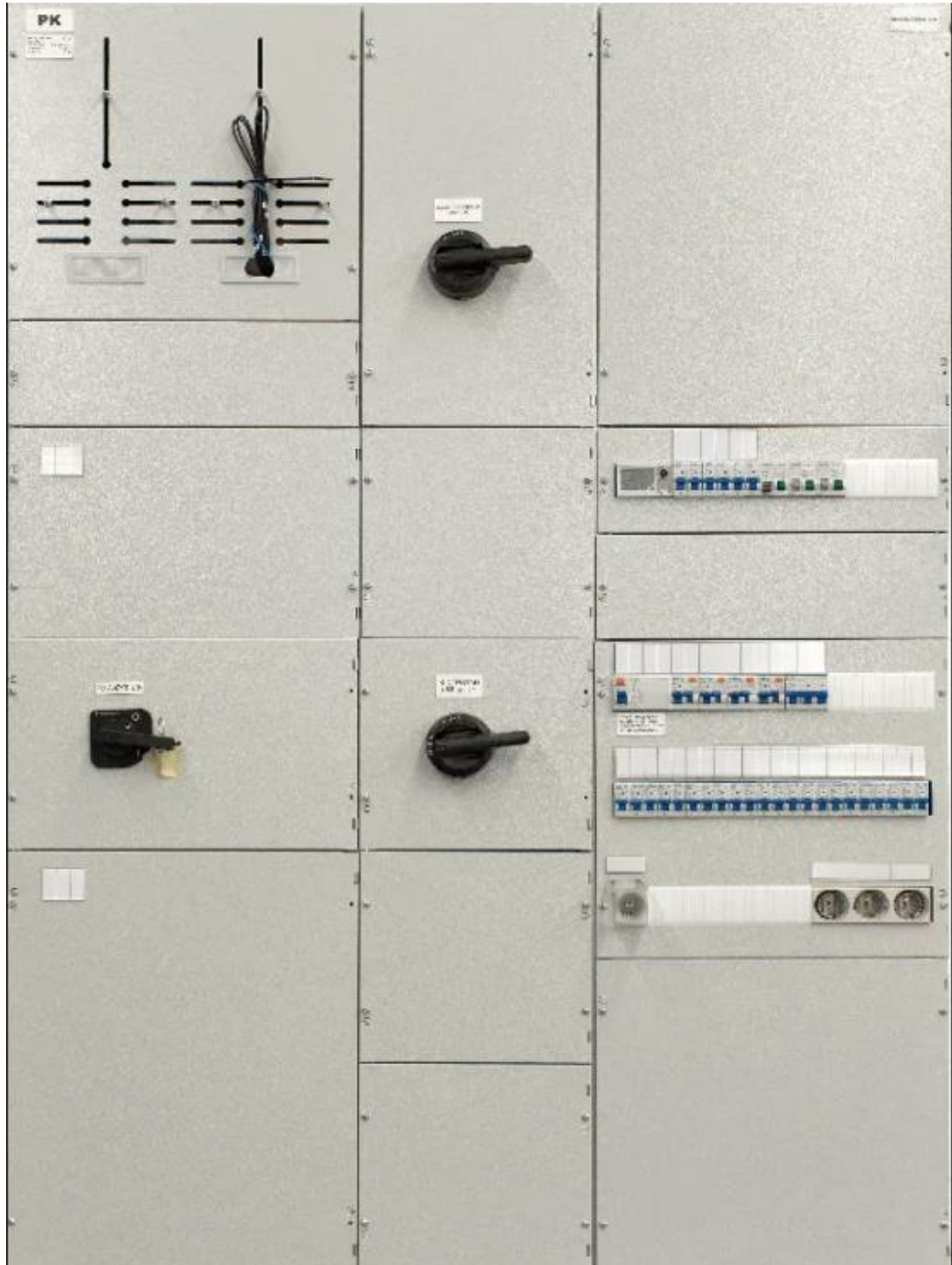
Kennokeskus (kts. kuva 5) on modulaarinen, joka muodostuu toisiinsa liitettävistä kennoista muodostaen kennokeskus kokonaisuuden. Keskus jaetaan pystysuunnassa kenttiin, joissa metallirunko erottaa ne toisistaan. Kaapeleiden läpiviennit toteutetaan läpivientilaippojen avulla. Yksi kenttä jaetaan yhteen tai useampaan toisistaan erotettuun kennoon, joista jokainen on varustettu saranoidulla ovelle. Kennokeskukset suunnitellaan niin, että valokaaren sattuessa paineaalto purkautuu kattorakenteen kautta ulos keskuksesta. Näin parannetaan keskustilan henkilöturvallisuutta huomattavasti. Kennokeskukset soveltuvat mainiosti suuria virtoja vaativiin kohteisiin.



Kuva 5. Kennokeskus (Kuva: <https://mlectria.com/fi/tuotteet/kiinteistojen-keskusvalmistus/kennokeskukset/>)

### 5.3.2 Kotelokeskus

Kotelokeskus (kts. kuva 6) on samankaltainen kuin kennokeskus. Se on rakenteeltaan kennokeskusta kevyempi, ja kojekentät eli kennot on eritelty toisistaan vain muovisilla tippusuojuilla. Tämä mahdollistaa vaivattoman johdotuksen takaseinää pitkin koteloiden välillä, mutta ei sovellu yhtä suurille virroille kuin kennokeskus kevyemmän rakenteensa vuoksi.



Kuva 6. Kotelokeskus (Kuva: <https://milectria.com/fi/tuotteet/kiinteistojen-keskusvalmistus/kotelokeskukset/>)

### 5.2.3 Kehikkokeskus

Kehikkokeskusta (kts. kuva 7) ei ole osastoitu kenno- ja kotelokeskusten tapaisesti kenttäkohtaisesti. Tällä saavutetaan nopea ja vaivattomampi johdotustyö keskuksen valmistusvaiheessa. Kehikkokeskuksissa on joko saranoidut tai irrotettavat kannet. Normaali käyttötoimenpiteet voidaan suorittaa ilman suojakansien irrottamista. Kehikkokeskukset ovat oivallinen vaihtoehto esimerkiksi valaistuskeskukseksi tai muuhun kevyempään käyttötarkoitukseen.



Kuva 7. Kehikkokeskus. (Kuva: <https://www.eisko.fi/tuotteet-ja-palvelut/kehikkokeskukset>)

## 6 OIKOSULKUVIRTA

Oikosulku tarkoittaa eri potentiaalissa olevien, johtavien osien välillä tapahtuvaa pakotettua potentiaalierojen tasausta nolaksi tai lähelle nolaa. Oikosulku voi aiheutua esimerkiksi eristeen hajoamisesta tai riittämättömästä rakenteesta kyseiselle jännitekuormalle.

Vahingossa tapahtuvaa johtavaa yhteyttä jännitteisen osan ja maan välillä kutsutaan maasuluksi. Tällainen yhteys voi muodostua esimerkiksi viallisen eristyksen kautta, rakenteiden kautta tai kasvuston kautta.

Oikosulkuvirta kasvaa suuremmaksi suoraan suhteessa piiriä syöttävän muuntajan tai generaattorin tehoon nähden sekä johtimista aiheutuvaan impedanssiin nähden. Myös piiristä syötetyt epätahtimoottorit voivat kasvattaa oikosulkuvirtaa, jos ne pyörivät oikosulkuhetkellä ja toimivat hetkellisesti generaattoreina. Oikosulkuvirran sallittu kesto aika voidaan laskea kaavalla 1. (D1:43.2. Oikosulkusuojaus.)

$$t = (k * A / I)^2 \quad (1)$$

jossa:

|     |                               |                    |
|-----|-------------------------------|--------------------|
| $t$ | oikosulun sallittu kesto aika | [s]                |
| $k$ | johtinvakio                   |                    |
| $I$ | oikosulkuvirran suuruus       | [A]                |
| $A$ | johtimen poikkipinta          | [mm <sup>2</sup> ] |

Oikosulun kestoajalle esitettyä kaavaa voidaan käyttää maksimissaan 5 sekuntia kestäväälle vikatilanteelle. Sallittu kesto aika on kuitenkin huomattavasti lyhyempi silloin, kun oikosulkuvirrat ovat suuria. Pidempään kestävät oikosulut vaativat suojalaitteen toimintakäyrän ja johtimen lämpenemiskäyrän tarkastelua. (D1:43.2. Oikosulkusuojaus.)

| Ominaisuus/<br>olosuhde                      | Johtimen eristys |       |             |       |            |               |                     |                          |
|--|------------------|-------|-------------|-------|------------|---------------|---------------------|--------------------------|
|  | PVC              |       | PVC<br>90°C |       | EPR<br>PEX | Kumi<br>60 °C | Mineraali           |                          |
|  | ≤ 300            | > 300 | ≤ 300       | > 300 |            |               | PVC<br>Päällystetty | Paljas<br>Päällystämätön |
| Johtimen<br>poikki-pinta-ala mm <sup>2</sup> | ≤ 300            | > 300 | ≤ 300       | > 300 |            |               |                     |                          |
| Alkulämpötila °C                             | 70               |       | 90          |       | 90         | 60            | 70                  | 105                      |
| Loppulämpötila °C                            | 160              | 140   | 160         | 140   | 250        | 200           | 160                 | 250                      |
| Johtimen materiaali:                         |                  |       |             |       |            |               |                     |                          |
| Kupari                                       | 115              | 103   | 100         | 86    | 143        | 141           | 115                 | 135 -115 <sup>a</sup>    |
| Alumiini                                     | 76               | 68    | 66          | 57    | 94         | 93            | -                   | -                        |
| Kuparijohtimien tina-<br>juotetut liitokset  | 115              | -     | -           | -     | -          | -             | -                   | -                        |

<sup>a</sup> Tätä arvoa pitää käyttää kosketeltavissa oleville paljaille johtimille.

HUOM. 1 Muut kertoimen *k* arvot ovat harkittavana:  
- pienille johtimille (erityisesti alle 10 mm<sup>2</sup> poikkipinnoille)  
- muun tyyppisille johtimien liitoksille  
- paljaille johtimille.

HUOM. 2 Oikosulkusuojan mitoitusvirta voi olla suurempi kuin kaapelin kuormitettavuus.

HUOM. 3 Yllä olevat arvot perustuvat julkaisuun IEC 60724.

HUOM. 4 Kertoimen *k* laskemiseksi katso SFS 6000-5-54 liite 54A:

Kuva 8. Johdinvakio *k* arvot äärijohtimille. (SFS 6000, taulukko 43.1)

## 6.1 Oikosulkurasitus

Oikosulusta aiheutuvat rasitteet jaetaan termisiin ja dynaamisiin rasituksiin. Termisellä oikosulkurasituksella kuvataan komponenttien fyysistä virrankestoisuutta. Terminen oikosulkuvirta aiheuttaa termisen rasitteen ja nostaa komponenttien lämpötilaa.

### 6.1.1 Terminen oikosulkuvirta

Terminen oikosulkuvirta määritetään yleensä sekunnin aikajaksolla aiheutuvasta rasituksesta, joka voidaan laskea kaavalla 2.

$$I_{th} = I_{k'} \cdot \sqrt{(m + n) \cdot t_k} \quad (2)$$

jossa:

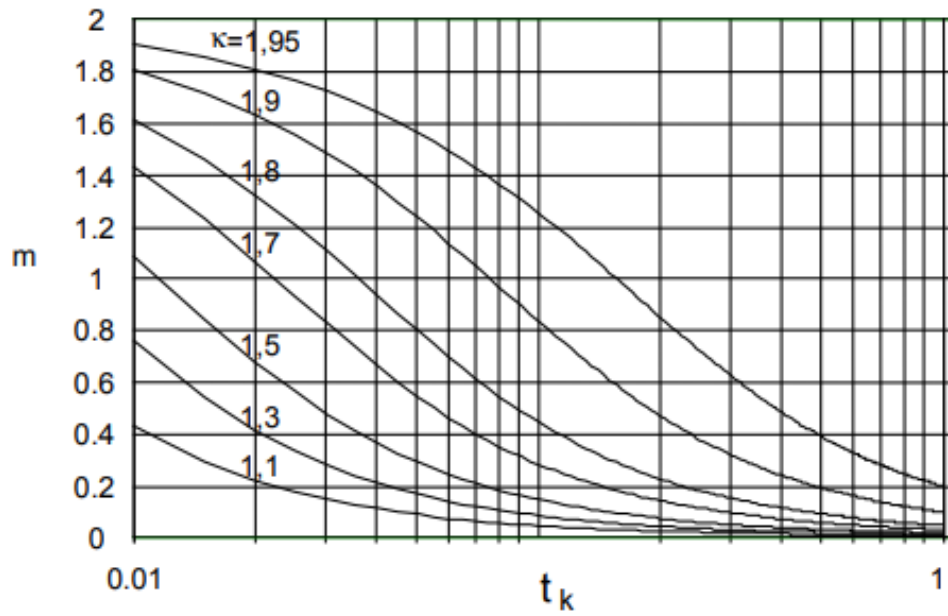
$I_{th}$  terminen oikosulkuvirta [A]

$I_{k'}$  alkuoikosulkuvirta [A]

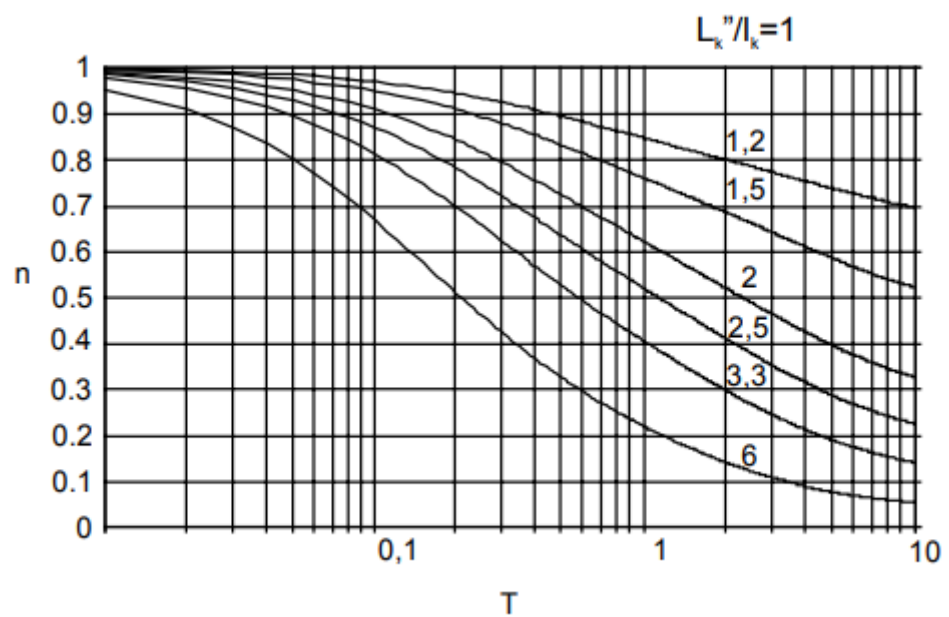
$m$  tasavirtatekijä (kuva 9)

$n$  vaihtovirtatekijä (kuva 10)

$t_k$  vian kesto [s]



Kuva 9. Tasavirtatekijä  $m$  ja sen riippuvuus oikosulkuvirran sysäyskertoimesta ja oikosulun keustosta (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07:8)



Kuva 10. Vaihtovirtatekijän  $n$  ja sen riippuvuus oikosulkuvirran alkuarvon ja pysyvän arvon suhteesta (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07:9)

### 6.1.2 Prospektiivinen oikosulkuvirta

Prospektiivisella oikosulkuvirralla tarkoitetaan virran tehollisarvoa, joka kulkee verkon johtimissa silloin, kun johtimet ovat oikosulussa merkityksettömän impedanssin omaavalla johtimella niin lähellä keskusta kuin mahdollista. Symmetrinen, kolmivaiheinen prospektiivinen oikosulkuvirran tehollisarvo saadaan laskettua Thevenin menetelmää hyväksi käyttäen.

Thevenin menetelmässä luodaan sijaiskytkentä, jossa verkkoa yksinkertaistetaan. Verkon komponentit korvataan oikosulkuimpedanssein, joita ovat myötä-, vasta- ja nolliimpedanssi. Vikapaikkaan sijoitetaan ekvivalenttinen jännitelähde, jolla korvataan vikavirtaa syöttävät lähteet. [ABB:n TTT käsikirja 2000-07.] Oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla 3.

$$I_{k''} = (c \times U_n) / (\sqrt{3} * \sqrt{(R_k^2 + X_k^2)}) = (c * U_n) / (\sqrt{3} * Z_k) \quad (3)$$

jossa:

|           |                                    |       |
|-----------|------------------------------------|-------|
| $I_{k''}$ | oikosulkuvirta sen alkamishetkellä | [A]   |
| c         | jännitekerroin (taulukko 2)        |       |
| $U_n$     | pääjännite                         |       |
| $R_k$     | resistanssi verkossa               | [ohm] |
| $X_k$     | reaktanssi verkossa                | [ohm] |
| $Z_k$     | impedanssi verkossa                | [ohm] |

Taulukko 2. IEC 60909:n mukainen jännitekerroin c (ABB:N TTT-käsikirja 2000-07:2)

| Nimellisjännite<br>$U_n$      | Maksimioikosulkuvirta<br>$C_{max}$ | Minimioikosulkuvirta<br>$C_{min}$ |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| pienjännite 100 V –<br>1000 V |                                    |                                   |
| a) 230 V / 400 V              | 1.00                               | 0.95                              |
| b) muut jännitteet            | 1.05                               | 1.00                              |
| keskijännite<br>1 kV - 35 kV  | 1.10                               | 1.00                              |
| suurjännite<br>35 kV - 230 kV | 1.10                               | 1.00                              |

### 6.1.3 Dynaaminen oikosulkuvirta

Dynaaminen oikosulkuvirta eli sysäyoikosulkuvirta on oikosulkuvirran maksimaalinen mahdollinen arvo. Tähän arvoon päästään n. 10 ms oikosulun alkamishetkestä. Dynaamista oikosulkuvirtaa on mahdollista rajoittaa sulakkeella pienjännitteellä. Dynaaminen oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla 4.

$$I_{pk} = n * I_{cp} \quad (4)$$

jossa:

$I_{pk}$  = dynaaminen oikosulkuvirta [A]

$I_{cp}$  = prospektiivinen oikosulkuvirta [A]

$n$  = vaihtovirtatekijä (kuva 9)

## 6.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksen tulee pystyä katkaisemaan suurin piirissä esiintyvä prospektiivinen oikosulkuvirta ja poiskytkennän pitää tapahtua ennen kuin suojalaitteen suojaamat piirit kärsivät vaurioita. Oikosulkusuojauksella suojataan piirin johtimia oikosulun lämpövaikutuksilta. Oikosulkusuojauksen pitää toteutua minkä tahansa johtimien välisessä oikosulussa siitä huolimatta, missä kohtaa johdinta se tapahtuu. Oikosulkusuojauksen toteutuminen pitää varmistaa suunnitteluvaiheessa, joten sitä ei tarvitse selvittää mittauksin käyttöönottotarkastuksissa. Käyttöönottotarkastuksilla tarkastetaan ja varmistetaan, että suojalaitteet ja johdinpoikkipinnat on valittu suunnitelmien mukaisesti. (D1:43.2. Oikosulkusuojaus.)

Suojalaitteen selektiivisyys tarkoittaa, että suojalaite toimii vain sen varsinaisella suojausalueella sattuvissa oikosulku- ja ylikuormitustilanteissa. Selektiivisyys voidaan tarkastaa tarkastelemalla suojalaitteiden ominaiskäyriä. Selektiivisyys toteutuu, kun jälkimmäisen suojalaitteen ominaiskäyrä on sitä edeltävän alapuolella, eivätkä ne leikkaa toisiaan minkään mahdollisen ylivirran arvolla. Selektiivisyyden täydellinen toteutuminen ei ole kaikissa tapauksissa tarpeellista, esimerkiksi jos sen saavuttamiseksi joudutaan toteuttamaan kohtuuton suojalaitteiden ylirajoitus. (D1: 274.)

## 6.2.1 Kahva- ja tulppasulakkeet

Tulppasulakkeita on käytetty yleisesti erityisesti ryhmäjohtojen ja pienten sähkökeskusten ylivirtasuojaukseen. Tulppasulakkeen katkaisukykyyn tulee olla standardin SFS 5855 määrittelemänä vähintään 50 kA.

Kahvasulakkeiden virran katkaisukyky asettuu n. 100 kA tasolle. Niitä on saatavilla tulppasulakkeita isommille virroille. Kahvasulakkeita käytetään laajasti erityisesti teollisuudessa ja keskuksissa, joissa tarvitaan suurempia katkaisuvirtoja. Kuvassa 11 kerrotaan suurimmat sallitut nimellisvirrat varokealustoille ja kahvasulakkeille. Kahvasulakkeiden tyypit voidaan tarkastaa taulukosta 3.

| Koko | Alusta  | gG                |          | aM                |          |
|------|---------|-------------------|----------|-------------------|----------|
|      |         | AC 400 V ja 500 V | AC 690 V | AC 400 V ja 500 V | AC 690 V |
|      | $I_n/A$ | $I_n/A$           | $I_n/A$  | $I_n/A$           | $I_n/A$  |
| 00   | 160     | 100/160           | 100      | 160               | 160      |
| 0    | 160     | 160               | 100      | 160               | 100      |
| 1    | 250     | 250               | 200      | 250               | 250      |
| 2    | 400     | 400               | 315      | 400               | 400      |
| 3    | 630     | 630               | 500      | 630               | 630      |
| 4    | 1000    | 1000              | 800      | 1000              | 1000     |
| 4a   | 1250    | 1250              | 1000     | 1250              | 1250     |

Kuva 11. Varokealustojen ja kahvasulakkeiden suurimmat sallitut nimellisvirrat IEC 60269-2-1 mukaisesti (ABB:n TTT käsikirja 2000-07)

Taulukko 3. Kahvasulakkeiden toimintaa kuvaavat kirjaintunnukset ja niiden merkitys (ABB:n TTT käsikirja 2000-07)

| Ensimmäinen kirjain ilmaisee katkaisualueen |   |
|---|---|
| g   | koko alueen kattava katkaisukyky, soveltuu sekä oikosulku-että ylikuormitussuojaksi |
| a   | osa-alueen kattava katkaisukyky, soveltuu vain oikosulkusuojaksi                    |
| Toinen kirjain ilmaisee käyttökohteen       |   |
| G   | johdon suojaukseen tarkoitettu sulake   |
| M   | moottorin suojaukseen tarkoitettu sulake  |
| gG  | yleiskäyttöön soveltuva sulake, johdon ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen        |
| aM  | moottoripiirin suojaus sulake. Katkaisukyky käsittää virran tietyn osa-alueen       |
| gM  | moottoripiirin suojaus sulake. Katkaisukyky käsittää koko virta-alueen              |

### 6.2.2 Johdonsuojakatkaisijat

Johdonsuojakatkaisijoilla katkaisukyky on useimmiten 6 kA tai 10kA. Laitteita löytyy kuitenkin myös suuremmille oikosulkuvirroille. Johdonsuojat ovat yleisiä asuinrakennuksissa sekä pienvirtaosissa suuremmissa keskuksissa käytettävyytensä ja pienen kokonsa vuoksi. Usein käytetään erillistä etusulaketta suuremman katkaisukyvyn omaavan johdonsuojan sijaan taloudellisista syistä.

Johdonsuojan laukaisumekanismissa on kaksi eri toimialuetta, terminen ja magneettinen laukaisualue. Terminen laukaisualue suojaa ylikuormalta, kun taas magneettinen laukaisualue toimii oikosulkusuojana. Johdonsuojia on saatavilla eri laukaisukäyrillä. Tällä mahdollistetaan johdonsuojan käyttö erilaisissa sovelluksissa, kuten esimerkiksi moottorikäytössä, joiden käynnistysvirrat voivat saavuttaa moninkertaisen hetkellisen käynnistysvirran nimellisvirtaansa nähden.

### 6.2.3 Katkaisijat

Katkaisijat ovat yleisiä varsinkin teollisuusympäristössä esimerkiksi niiden suuren katkaisukyvyn, suojareleen mahdollistaman laukaisuparametrien säädön sekä etäohjausmahdollisuuden ansiosta. Katkaisijat ovatkin mainio vaihtoehto oikosulku- ja ylivirtasuojaukseen. Katkaisijoita on saatavilla ilma- ja kompaktikatkaisijoina. Ilmakatkaisijat ovat erityisen hyvin soveltuvia suuremmille virroille, ja ne ovatkin kooltaan kompaktikatkaisijoita suurempia.

## 7 KAAPELEIDEN MITOITUS

Kaapeli tulee valita niin, että se on standardin vaatimusten mukainen ja nimellisjännitteeltään järjestelmään soveltuva. Kaapelin johtimien poikkipintojen tulee olla riittävät, ja niiden värien on vastattava standardin SFS 6000 vaatimuksia. Kaapelin tulee myös kestää mekaanista kulumaa ja ulkoista räsitusta. (D1: 194.)

## 7.1 Johtimen poikkipinta

Johtimien poikkipintoja määritettäessä tulee ottaa huomioon johtimien kuormitettavuus, oikosulkusuojaus, jännitteen alenema, vikasuojausvaatimukset sekä mahdolliset mekaaniset rasitukset.

Johtojen kuormitettavuus on määritetty johdon suurimman sallitun lämpötilan mukaan. Suurinta sallittua lämpötilaa ei saa ylittää, koska yllämpötila voi aiheuttaa tulipalon sekä lyhentää johdon käyttöikää vanhentamalla eristeitä.

Kiskojohtimia käytettäessä yllämpötila voi vääristää kiskoja.

Kuormitettavuuteen vaikuttavat johtimen ja eristeen materiaali, asennustapa, ympäristössä vallitseva lämpötila ja muiden piirien läheisyys. Standardista SFS 6000 voidaan tarkastella määritellyt kuormitettavuudet suurimmille sallituille virta-arvoille erilaisille kaapeleille ja niiden asennustavoille. Mikäli asennusympäristön lämpötila eroaa taulukon arvoista, tulee käyttää korjauskertoimia eri lämpötiloille sekä maan lämpöresistiivisyydelle. (D1:224.)

## 7.2 Jännitteen alenema

Jännitteenalenema ei saisi SFS 6000:n suosituksen mukaan ylittää 5 % normaalissa pienjänniteverkossa. Johtimen impedanssi vaikuttaa jännitteenalenemaan, joten johtimen poikkipinta-ala sekä pituus vaikuttavat alenemaan ja sen suuruuteen. Jännitteenalenema voidaan laskea seuraavilla kaavoilla 5, 6 ja 7. (D1:242.)

Jännitteenalenema 1-vaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot l \cdot (r \cos\varphi \pm x \sin\varphi) \quad (5)$$

jossa:

|            |  |         |
|------------|--|---------|
| $\Delta U$ | <i>jännitteenalenema</i>                       | [V]     |
| $I$        | <i>kuormitusvirta</i>                          | [A]     |
| $r$        | <i>ominaisresistanssi</i>                      | [ohm/m] |
| $x$        | <i>ominaisreaktanssi</i>                       | [ohm/m] |
| $l$        | <i>johdon pituus</i>                           | [m]     |
| $\varphi$  | <i>jännitteen ja virran välinen vaihekulma</i> |         |

Jännitteenalenema 3-vaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I * I * \sqrt{3} * (r \cos\varphi \pm x \sin\varphi) \quad (6)$$

jossa:

|            |  |         |
|------------|--|---------|
| $\Delta U$ | <i>jännitteenalenema</i>                       | [V]     |
| $I$        | <i>kuormitusvirta</i>                          | [A]     |
| $l$        | <i>johdon pituus</i>                           | [m]     |
| $r$        | <i>ominaisresistanssi</i>                      | [ohm/m] |
| $x$        | <i>ominaisreaktanssi</i>                       | [ohm/m] |
| $\varphi$  | <i>jännitteen ja virran välinen vaihekulma</i> |         |

## 8 VALOKAARISUOJAUS

Valokaari on sähköonnettomuus, joka aiheuttaa räjähdysten korkeassa lämpötilassa, ja se voi saavuttaa jopa 6000 celsiusasteen lämpötilan. Valokaarivika voi tapahtuessaan sytyttää tulipaloja, höyrystää ympäröivän metallin ja aiheuttaa vakavia palovammoja. Valokaaret luokitellaan sarja- ja rinnakkaisvalokaariin. (D1:124.)

Sarjavalokaaren sattuessa ei esiinny vuotovirtaa maahan, jolloin vikavirtasuojaja ei havaitse sitä. Sarjavalokaarivian aiheuttama impedanssi pienentää kuormitusvirtaa, joten virta jää sulakkeen tai katkaisijan laukaisurajan alapuolelle. (D1:124.)

Vaihe- ja nollajohtimien välillä tapahtuvissa rinnakkaisvalokaarivioissa virtaa rajoittaa asennuksen sekä valokaaren itsensä impedanssit, joten siitä aiheutuva virta voi olla pienempi kuin ylivirtasuojan toimintavirta (D1:124).

Valokaarisuojalaitteella tarkoitetaan standardin SFS-EN 62606 mukaista suojalaitetta, jonka toiminta perustuu suurtaajuisten (22-24MHz) häiriöiden analysointiin. Lisäksi suojalaite tunnistaa viasta indikoivia merkkejä, joiden avulla välttyään turhilta laukaisuilta. Suojalaite vertailee suurtaajuisten häiriöiden voimakkuutta, esiintymistiheyttä sekä virtasignaalin muutosnopeutta ja laskee näistä tekijöistä kumuloituvaa arvoa mahdollisen palovaarallisen vian

varalta. Mikäli laukaisukriteerit täyttyvät määritetyn ajan kuluessa, laukaisuyksikkö kytkee vialliseksi todetun ryhmän jännitteettömäksi. (D1:125.)

## **9 MAADOITUKSET**

Maadoituksilla ja potentiaalintasauksilla parannetaan sähköturvallisuutta ja häiriösuojausta. Niiden avulla voidaan pyrkiä suojautumaan esimerkiksi laitteistoja tuhoavalta ylijännitteeltä. Maadoitusten ensisijainen tehtävä on rajoittaa kosketus- ja askeljäännitteitä vikatilanteissa. Maadoitus mahdollistaa vika- ja maasulkusuojalaitteistojen toiminnan ja estää vuotovirtojen valokaarien ja kipinöinnin esiintymistä. Maadoituksilla voidaan estää myös vaarallisten jännitteiden välittymistä järjestelmästä toiseen. (D1:285.)

### **9.1 Suojajohdin**

Suojajohdinta käytetään suojauksen takia, esimerkiksi suojaamaan sähköiskulta sekä jännitteelle alttiiden osien suojamaadoitukseen. Suojajohdin on normaalitilanteessa jännitteetön ja virraton, mutta se voi tulla jännitteiseksi esimerkiksi eristysviasta johtuen ja kantaa huomattavia virtamääriä. On kuitenkin mahdollista, että suojajohtimessa kulkee hyvin pieniä vuotovirtoja myös normaalitilanteessa.

### **9.2 Maadoitusjohdin**

Maadoitusjohdin muodostaa asennuksen, järjestelmän tai laitteen määrätyn osan sekä maan välille johtavan yhteyden, tai sen osan. Maadoitusjohtimelle on asetettu mekaanista lujuutta ja korroosiosuojausta koskevat vaatimukset, koska se sijoitetaan yleensä maan alle osittain. Rakennuksen sähköasennuksissamaadoitusjohtimella tarkoitetaan yleensä maadoituselektrodin ja maadoituskiskon välistä yhteyttä. Normaalisissa tilanteissa maadoitusjohdin on virraton ja vikatilanteissakin virrat ovat yleensä pieniä. (D1:288.)

### 9.3 Päämaadoituskisko

Päämaadoituskisko toimii osana maadoitusjärjestelmää, johon liitetään useita johtimia niiden maadoitusta varten toimien maadoitusten ja potentiaalintasauksen koontipisteinä. Jokaisen kiskoon liitetyn maadoitusjohtimen tulee olla irrotettavissa yksitellen. Maadoituskiskoon on päästävä käsiksi. Maadoituskiskoa ei tule sijoittaa keskuksen sisälle, koska liitoksia tehdessä on mahdollista joutua jännitteisten osien läheisyyteen. Teollisuudessa maadoituskiskoja on usein jokaisen sähkötilan yhteydessä.

### 9.4 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasaus yhdistää johtavat osat, jonka tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali. Tällaisia johtavia osia ovat esimerkiksi kaapelihyllyt, kaapelikourut sekä erilaiset putkistot. Johtimet ovat normaalissa tilanteessa jännitteettömiä sekä virrattomia, mutta eristysvian sattuessa niissä voi kulkea virtaa. Potentiaalintasaus voidaan jakaa pääpotentiaalintasaukseen, lisäpotentiaalintasaukseen sekä maadoittamattomaan potentiaalintasaukseen.

## 10 KESKUSSUUNNITTELU

Uuden keskuksen esisuunnittelu aloitettiin palaverilla, joissa kartoitettiin ja pohdittiin tavoitteita ja tarpeita uudelle keskukselle. Uusinnan alullepanoa vauhditti liikkeelle nykyisen keskuksen ikä ja varaosien erittäin huono saatavuus. Myös laajennustarpeita pohdittiin, ja siksi haluttiin verkostolaskelmat sekä nykyisen 1 MVA mukaisesti että 1.6 MVA vaihtoehdolla. Tarjouksia mietittiin nykyistä 1410 A keskusta isommalla vaihtoehdolla 2253 A.

Taulukko 13.6g. Muuntajien nimellis- ja oikosulkuvirrat eri jännitteillä.

| $S_n$ | $I_n / A$ |           |           | $Z_k / \%$ |     |     | $I_k / kA$ |      |      |       |      |      |       |      |      |
|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-----|-----|------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|       | $U_n / V$ | $U_n / V$ | $U_n / V$ |            |     |     | 410 V      |      |      | 525 V |      |      | 710 V |      |      |
| (kVA) | 410       | 525       | 710       | S1         | S2  | S3  | S1         | S2   | S3   | S1    | S2   | S3   | S1    | S2   | S3   |
| 100   | 141       | 110       | 81        | 3.8        | 4   |     | 3.7        | 3.5  |      | 2.9   | 2.7  |      | 2.1   | 2.0  |      |
| 200   | 282       | 220       | 163       | 4          | 4   |     | 7.0        | 7.0  |      | 5.5   | 5.5  |      | 4.1   | 4.1  |      |
| 315   | 444       | 346       | 256       | 4.5        | 4.5 | 4   | 9.9        | 9.9  | 11.1 | 7.7   | 7.7  | 8.7  | 5.7   | 5.7  | 6.4  |
| 500   | 704       | 550       | 407       | 5          | 4.5 | 4.5 | 14.1       | 15.6 | 15.6 | 11.0  | 12.2 | 12.2 | 8.1   | 9.0  | 9.0  |
| 800   | 1127      | 880       | 651       | 5.5        | 5   | 5   | 20.5       | 22.5 | 22.5 | 16.0  | 17.6 | 17.6 | 11.8  | 13.0 | 13.0 |
| 1000  | 1408      | 1100      | 813       | 5.5        | 5   | 5   | 25.6       | 28.2 | 28.2 | 20.0  | 22.0 | 22.0 | 14.8  | 16.3 | 16.3 |
| 1250  | 1760      | 1375      | 1016      | 5.5        |     | 5.5 | 32.0       |      | 32.0 | 25.0  |      | 25.0 | 18.5  |      | 18.5 |
| 1600  | 2253      | 1760      | 1301      | 5.5        |     | 5.5 | 41.0       |      | 41.0 | 32.0  |      | 32.0 | 23.7  |      | 23.7 |
| 2000  | 2816      | 2199      | 1626      | 6          |     | 6   | 46.9       |      | 46.9 | 36.7  |      | 36.7 | 27.1  |      | 27.1 |
| 2500  | 3520      | 2749      | 2033      | 6          |     | 6   | 58.7       |      | 58.7 | 45.8  |      | 45.8 | 33.9  |      | 33.9 |
| 3150  | 4436      | 3464      | 2561      | 7          |     | 6.5 | 63.4       |      | 68.2 | 49.5  |      | 53.3 | 36.6  |      | 39.4 |

410,525 tai 710 V on muuntajan nimellistoisiojännite tyhjäkäynnissä  
 $S_n$  = muuntajan nimellisteho  
 $I_n$  = muuntajan nimellistoisiovirta  
 $Z_k$  = muuntajan oikosulkuimpedanssi  
 $I_k$  = muuntajan oikosulkuvirta  
S1 = häviösarja 1 (normaalit häviöt)  
S2 = häviösarja 2 (alennetut tyhjäkäyntihäviöt)  
S3 = häviösarja 3 (alennetut kuormitushäviöt)

Kuva 12. Muuntajien nimellis- ja oikosulkuvirrat eri jännitteillä (ABB:n TTT käsikirja 2000-07)

Keskuksen uudistuksella parannetaan käyttövarmuutta, turvallisuutta sekä turvataan huollettavuutta.

## 10.1 Selvitykset ja tulokset

Aluksi selvitettiin olemassa olevan keskuksen lähtöjen määrät ja tyypit.

Olemassa olevia piirikuvia vertailtiin keskukseen, jotta saadaan ajantasainen kuva tilanteesta. Vanhojen piirikaavioiden pohjalta ryhdyttiin uudistamaan piirikuvia ja pääkaavioita säilyttäen vanhat liitinmerkinnät ja muut viitteet, jotta keskuksen ulkopuolisia viitteitä tarvitsee uusia mahdollisimman vähän.

Piirikuvien uusintaan kului valtava määrä aikaa, koska piirikuvien esitys- ja merkintätapa oli erikoinen ja niitä oli hyvin paljon. Sain Ovakolta käyttöön lisenssin Autocad LT -pohjaiseen Fiksu LT -piirikaavio-ohjelmistoon, jolla tuotin uusia piirikuvia ja pääkaavioita. Ohjelmisto oli käännetty suomeksi.

Selvitysten pohjalta laadittiin vain alustavat piiri- ja pääkaaviot, koska työ on esisuunnitteluasteella. Lähdöistä tehtiin mallipiirikaaviot, ja samankaltaisiin lähtöihin sovellettiin samaa pohjaa. Kaavioiden pohjalta kysytään budjettitarjous uudesta prosessisähkökeskuksesta.

## 11 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli bloomien tasauskuumennusuunin prosessisähkökeskuksen esisuunnittelu. Keskusuudistuksen tarkoituksena on parantaa käyttövarmuutta, lisätä turvallisuutta sekä turvata huollettavuutta varaosien saatavuuden kautta. Esisuunnitelma edesauttaa projektin varsinaista alullepanoa.

Uuden keskuksen myötä tullaan saavuttamaan käyttövarmuutta ja turvataan varaosien saatavuus. Myös tilavarauksia tulee riittämään yllättävien tarpeiden varalle.

Työ oli kaiken kaikkiaan niin kuormittava ja laaja, että sitä jouduttiin hieman rajaamaan tietyiltä osin. Opinnäytetyöprosessissa suurimmaksi haasteeksi muodostui ajan rajallisuus, sillä aloitin työt Ovakolla opinnäytetyön rinnalla. Pystyin tekemään opinnäytetyötä lähinnä iltaisin töiden jälkeen, mikä paljastui kuluttavaksi. Kaiken kaikkiaan minun olisi pitänyt suunnitella ajankäyttöä paremmin ja ennakoida töiden ja opinnäytetyön kuormittavuus. Opinnäytetyö opetti kuitenkin paljon vaikeuksista huolimatta, ja opin paljon keskuusintoihin vaikuttavien asioiden laajasta skaalasta.

## LÄHTEET

Kyllönen, J. 2022. Sähköinsinööri. Keskustelut 10.5.2021 - 30.09.2022. Ovako Imatra Oy Ab.

Ovako Ab. s.a. Tietoa Ovakosta. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.ovako.com/fi/tietoa-ovakosta/> [viitattu 20.6.2021].

Tuotantolaitokset, Ovako Ab. s.a. Imatra. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.ovako.com/fi/tuotantolaitokset/imatra/> [20.6.2021].

Sähkökeskuksia koskevat vaatimukset ja toimitusohjeet ST70.21. Severi, Sähköinfon sähköinen aineistopalvelu. © Sähköinfo Oy [viitattu 21.11.2022 ja 22.11.2022].

Kuva 2. muokattu Mämmi 10.2.2005. Kuva karkeavalssaamon prosessista. [20.6.2021].

Kuva 4. STEK s.a. 2022. IP-luokitus. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>

Kuva 5. Milectria s.a. Kennokeskukset. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://milectria.com/fi/tuotteet/kiinteistojen-keskusvalmistus/kennokeskukset/>

Kuva 6. Milectria s.a. Kotelokeskukset. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://milectria.com/fi/tuotteet/kiinteistojen-keskusvalmistus/kotelokeskukset/>

Kuva 7. WWW-dokumentti. Eisko s.a. kehikkokeskukset. Saatavilla: <https://www.eisko.fi/tuotteet-ja-palvelut/kehikkokeskukset>

Kuva 8. SFS 6000, taulukko 43.1

SFS-EN 61439-1. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset.

Tietoa IP-luokituksista. Saatavilla: <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>

ABB TTT käsikirja 2000-07. Oikosulkusuojaus ja sulakkeet. WWW-dokumentti. Saatavilla:

[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/07\\_1\\_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/07_1_Oikosulkusuojaus%20ja%20sulakkeet.pdf)





| A  | B | C | D | E | F |
|--|---|---|---|---|---|
| <p><b>A SÄHKÖTEKNIIKALLISET TIEDOT</b></p> <p><b>KESKUS</b></p> <p>1. Nimellisjännite <math>U_n</math> 400 V<br/>                 2. Jännitteenhäviö keskuksessa <math>U_{k1}</math> 2-puoleinen<br/>                 3. Tojisuus <math>f</math> 50 Hz<br/>                 4. Nimellisvirta <math>I_n</math> 1600 A<br/>                 5. Oikosuukkestoisuus <math>I_{sc}</math> 40,6 kA<br/>                 termäinen <math>I_{sc}</math> 89,7 kA<br/>                 dynaaminen<br/>                 SFS 154:n mukaan <math>I_{sc}</math> kW<br/>                 6. Keskuksen häviöteho L2<br/>                 7. Kiakot tai johtimet AC L1 L3<br/>                 8. Kiakot tai johtimet DC L+ L- M<br/>                 9. Ohjusjännite U 230 V<br/>                 f 50 Hz<br/>                 I 100 A<br/>                 S kVA<br/>                 10. Apujännite 1 24 VDC<br/>                 11. Apujännite 2 _____</p> <p><b>LITETTÄVÄT KUORMITUKSET</b></p> <p>12. Järkevä järjestelmä käyttömaadoitettu 4j TN-C-S <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 käyttömaadoitettu 5j TN-S <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 käyttömaadoittamaton IT <input type="checkbox"/><br/>                 13. Teho osennettu S _____ kVA<br/>                 taattu S _____ kVA<br/>                 14. Tehokerron cos <math>\phi</math> _____<br/>                 15. Lämmitystehon osuus _____ kW</p> <p><b>B RAKENNETIEDOT</b></p> <p>1. Keskuksija <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 kemo <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 kotelo <input type="checkbox"/><br/>                 kehikko <input type="checkbox"/><br/>                 2. Kotelohtiluokka min ip 21</p>  |   |   |   |   |   |
| <p>3. Keskuksen rakenne 1-puoleinen <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 2-puoleinen <input type="checkbox"/><br/>                 2 kpl 1-puoleisia seidiä vastakkain <input type="checkbox"/><br/>                 4. Aseennustapa pinnalle <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 pinoon <input type="checkbox"/><br/>                 putkustukotelo <input type="checkbox"/><br/>                 5. Kinnitys seinään <input type="checkbox"/><br/>                 6. Aseennus- ja tukirakenteet sidekiskot <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 jalustat <input type="checkbox"/><br/>                 7. Keskuksen yhtenäinen ovialue ulkotalle <input type="checkbox"/><br/>                 sisätilalle <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 8. Keskuksen oven ja karsien ovavalmiskulma min 90 astetta <input type="checkbox"/><br/>                 min 180 astetta <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 9. Karsien saronointi kyntäntäkenit <input type="checkbox"/><br/>                 kojekentät <input type="checkbox"/><br/>                 kiakokotelojen <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 koiki <input type="checkbox"/><br/>                 10. Pintakäsittely valmistajan normoali erillisen ohjeen mukaan <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 11. Aseennustila leveys 5,10 m<br/>                 korkeus, normaali <input type="checkbox"/> muu 2,25 m<br/>                 syvyys, normaali <input type="checkbox"/> muu 0,50 m<br/>                 12. Ympäristön lämpötila normaali 20...25 °C <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 min _____ °C max _____ °C<br/>                 13. Keskuskeskuksen kaapelikulut 1 kpl/kenittäjä <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 1 kpl/2 kenittäjä <input type="checkbox"/><br/>                 valmistajan normaali leveys _____ m<br/>                 14. Lattialla seisovan keskuksen ohnoilla olevat läpiviernit ovoin <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 poltonkestävät <input type="checkbox"/></p>  |   |   |   |   |   |
| <p><b>C TUUNNUMERKINNÄT</b></p> <p>1. Tunnumerkinnät valmistajan normaali <input type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 2. Keskuksen tunnuskieli valmistajan normaali <input type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 3. Karsikojoiden tunnuskielit valmistajan normaali <input type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 4. Keskuskeskuksen kenttien merkintä jakeavo numerointi <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 -- vasemmalla oikealle<br/>                 -- oikealla vasemmalla<br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 5. Keskuskeskuksen lähtöjen merkintä jakeavo numerointi <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 kentän n:ro + jakeavo numero erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/><br/>                 6. Siadisten kojeiden merkintä valmistajan normaali <input type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 7. Siadisten johtimien merkintä ei suoriteta <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/><br/>                 8. Erillinen kilpi <input type="checkbox"/><br/>                 KESKUSSESSÄ VERAS OHJAUSKÄNNIT <input type="checkbox"/><br/>                 PÄÄKÄYTTÖN EI KÄYTTÖN JÄNNITETTÄ <input type="checkbox"/><br/>                 KÄYTTÖNÄ MÄÄRÄKÄYTTÖ <input type="checkbox"/></p> <p><b>D KALUSTETIEDOT</b></p> <p>1. Keskuksen kalustus valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/><br/>                 2. Kalustuksen tyyppi kiintä <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 uiosotettava <input type="checkbox"/><br/>                 uiosvedettävä <input type="checkbox"/><br/>                 3. Kalustustapa keskitetty <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 yksikkökohtainen <input type="checkbox"/><br/>                 4. Merkkitilaput kehulamput <input type="checkbox"/><br/>                 hohtolamput <input type="checkbox"/><br/>                 LED-lamput <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 5. Laskutusmittareiden toimittaja sähkötilaus <input type="checkbox"/><br/>                 keskusvalmistaja <input type="checkbox"/></p> |   |   |   |   |   |
| <p>6. Laskutusmittaruuntajan toimittaja sähkötilaus <input type="checkbox"/><br/>                 keskusvalmistaja <input type="checkbox"/><br/>                 7. Tyhjiä kalustetiloja keskuksessa koosta _____ %</p> <p><b>E KAAPLOINTITIEDOT</b></p> <p>1. Syöttö kaapeli <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 kiskosto <input type="checkbox"/><br/>                 loji _____<br/>                 AMMK _____<br/>                 pokkipinta 4x(4x1x300) _____<br/>                 pituus jännitteenäkö <input checked="" type="checkbox"/> 71 m</p> <p>2. Syöttö tulosuunta ohnoita yhdistä <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 3. Syöttö sijainti vasemmalla <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 oikealla <input type="checkbox"/><br/>                 keskellä <input type="checkbox"/><br/>                 4. Pötkokaapelien lähtösuunta alas <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 ylös <input type="checkbox"/><br/>                 5. Pötkokaapelien lähtösuunta kojeisiin <input type="checkbox"/><br/>                 kojeisiin yllä 16mm <input type="checkbox"/><br/>                 riviliittimiin L <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/><br/>                 6. Ohjuskaapelien lähtösuunta alas <input checked="" type="checkbox"/><br/>                 ylös <input type="checkbox"/><br/>                 7. Ohjuskaapelit liitetään riviliittimiin <input checked="" type="checkbox"/></p> <p><b>Huom:</b></p>  |   |   |   |   |   |
| <p><b>Etteplan</b></p> <p>LAPEENTIE 12, 05100 MÄNTÄ, FINLAND<br/>                 Puh. +358 10 307 1060, fax. +358 10 307 1061</p> <p>Pirtti: _____<br/>                 Suunn. 1.11.2022 / JSA<br/>                 Tark. _____<br/>                 Ipv. _____</p> <p><b>OVAKO</b></p> <p>Nimi: MALLIPÄÄKÄÄMO<br/>                 Typpi: _____<br/>                 CAD nro: _____</p> <p>Pih. nro: _____<br/>                 Lähtö: 1/10<br/>                 Koko: A3<br/>                 Nro: _____<br/>                 .drtw</p> <p>K:\OVAKO_TEKNISET_DOKUMENTIT_OHJEET_OVAKO_PROJEKTIAKS\ETTE_POHJAT\dwg\setto1633\ASTALMP1.dwg</p>   |   |   |   |   |   |

| SÄHKÖKESKUS |       | KOHDETIEDOT                |           | KUORMA   |                              | KAAPELI       |                    | PÄIVÄY     |  | HUOM                                    |  |
|-------------|-------|----------------------------|-----------|----------|------------------------------|---------------|--------------------|------------|--|---|--|
| Nr.         | POSTI | NIMITYS                    | TEHO<br>W | WVA<br>A | KAAPELITYYPPI JA PAKOPAKETTI | KAAPELINUMERO | PIIRIKAAVIO        | Päivä nro: |  |   |  |
| Q9          |       | MAADOITUSKYTKIN            |           |          |                              |               |                    | 2/10       |  |   |  |
| Q1          | X1.2  | PÄÄKYTKIN                  | 1600      |          |                              |               | 18501601.DWG       |            |  |   |  |
|             | X1.3  | VAPAA LÄHTÖ                | 125       |          |                              |               | 18501701.DWG       |            |  |   |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE               |           |          |                              |               |                    |            |  |   |  |
|             | X2.1  | PANOSTUSRULLARATA<br>OSA 1 | 200       |          |                              |               | 18502001.DWG A44.1 |            |  | KESKUKSEEN<br>MOOTTORITEHOT<br>30+4+4kW |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE               |           |          |                              |               |                    |            |  |   |  |
|             | K     | KONTAKTORI                 |           |          |                              |               |                    |            |  |   |  |
|             | X2.2  | PANOSTUSRULLARATA<br>OSA 2 | 200       |          |                              |               | 18502001.DWG A44.1 |            |  | KESKUKSEEN<br>MOOTTORITEHOT<br>30+4+4kW |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE               |           |          |                              |               |                    |            |  |   |  |
|             | K     | KONTAKTORI                 |           |          |                              |               |                    |            |  |   |  |

400/230VAC, 50Hz

3L, N, PE

Q9

1 2 3

1600A

FA VALOKAAVARELE

F

K

F

K

F

K

F

K

**Etteplan**  
LAPPEENTE 12, 55100 IMAVA, FINLAND  
Puh. +358 10 307 1060

Piirt. /  
Suunn. 1.11.2022 / JISA  
Tark. /  
Hv. /

**OVAKO**

MAALLIPÄÄKÄÄNIO

Nimike  
MALLIPÄÄKÄÄNIO

Typpi  
CAD nro:

Osasto  
Koko: A3

Päivä nro:  
Lahli Nro: 2/10

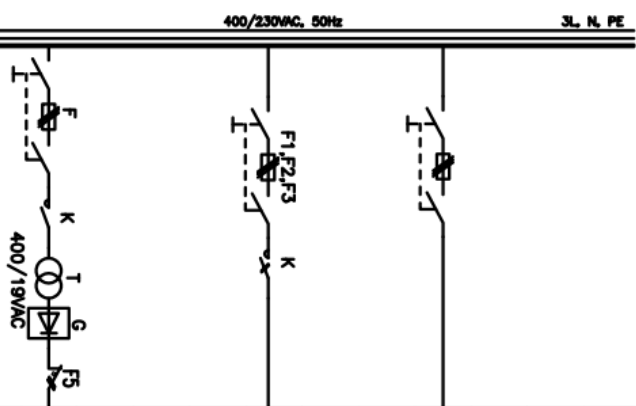
.drtw

K:\OVAKO\_TEKNISET\_DOKUMENTIT\_OHJEET\_OVAKO\_PROJEKTIAKUS\ETTE\_POHJAT\dwg\18501633\ASTAL.TMP





| SÄHKÖKESKUS |       | KOHDEDETOT             |            | KUORMA    |                        | KAAPELI  |              | PERUUNO                | HUO |
|-------------|-------|------------------------|------------|-----------|------------------------|----------|--------------|------------------------|-----|
| No.         | PERNO | LAHTI                  | TEHO<br>kW | VERA<br>V | KAAPULITIN JA ROOSINIA | KAAPELIN | PERUUNO      | HUO                    |     |
|             |       |                        |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | X3.4  | VAPAA LÄHTÖ            | 125        |           |                        |          | 18502901.DWG |                        |     |
|             | F     | KYTKINVAROKE           |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | X3.5  | ULOSOTORULLARATA       | 300        |           |                        |          | 18503001.DWG | KESKUKSEEN<br>A44,4    |     |
|             | F     | KYTKINVAROKE           |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | K     | KONTAKTORI             |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | X3.6  | MOOTTORILARUJEN SYÖTTÖ | 125        |           |                        |          | 18503101.DWG | KESKUKSIIN<br>A35 X2,3 |     |
|             | F     | SULAKE                 |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | K     | KONTAKTORI             |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | T     | MUUNTAJA               |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | F5    | SULAKE                 |            |           |                        |          |              |                        |     |
|             | G     | TASASUUNTAUS           |            |           |                        |          |              |                        |     |



**Eteplan**  
LAPSENTIE 12, 00100 HELSINKI, SUOMI  
Puh. +358 10 207 1000

Proj. / Suunn. 1.11.2022 / JSA  
Tekijä /  
Tyyppi /  
Tilaaja /

**OVAKO**

Nimi: MALLIPUKKANO  
Tyyppi: /  
CNO nro: /

Osasto: /  
Kokoo: /  
A3

Päiv. nro: /  
Lohko: /  
Ries: /  
5/10  
.drtw

K:\OVAKO\_TENKISET\_DOKUMENTIT\_OHJEET\_OVAKO\_PROJEKTILAUS\ETTE\_POHJAT\dwg\801016338\ASTAL.TMP\$

| SÄHKÖKESKUS |         | KOHDETIEDOT        | KUORMA     | KAAPPELI  | KAAPPELINO                 | PIIRIKAAVIO | HOIKO        |                         |
|-------------|---------|--------------------|------------|-----------|----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|
| No.         | POSITIO | NAMTUS             | TEHO<br>kW | WRTA<br>A | KAPPELITYYPI JA POKKURITZA | KAAPPELINO  | PIIRIKAAVIO  | HOIKO                   |
|             | X4.1    | SYÖTTÖVESIPUMPPU 1 | 5,2        |           |                            |             | 18503201.DWG | MOOTTORIN<br>TEHO 2,2kW |
|             | F       | KYTKINVAROKE       |            |           |                            |             |              |                         |
|             | K       | KONTAKTORI         |            |           |                            |             |              |                         |
|             | F5      | LÄMPÖRELE          |            |           |                            |             |              |                         |
|             | X4.2    | SYÖTTÖVESIPUMPPU 2 | 16         |           |                            |             | 18503301.DWG | MOOTTORIN<br>TEHO 2,2kW |
|             | F       | KYTKINVAROKE       |            |           |                            |             |              |                         |
|             | K       | KONTAKTORI         |            |           |                            |             |              |                         |
|             | F5      | LÄMPÖRELE          |            |           |                            |             |              |                         |
|             | X4.3    | VAPAA LÄHTÖ        | 125        |           |                            |             | 18503401.DWG |                         |
|             | F       | KYTKINVAROKE       |            |           |                            |             |              |                         |

**Etteplan**  
LAPENRANTA 12, 55100 MANTTA, FINLAND  
Puh. +358 10 307 1000

Piiri: /  
Suunn. 1.11.2022 / JSA  
Tark. /  
Tyy. /

**OVAKO**

Nimi: MALLIPÄÄKAAVIO  
Tyyppi: /  
CAD nro: /

Osasto: /

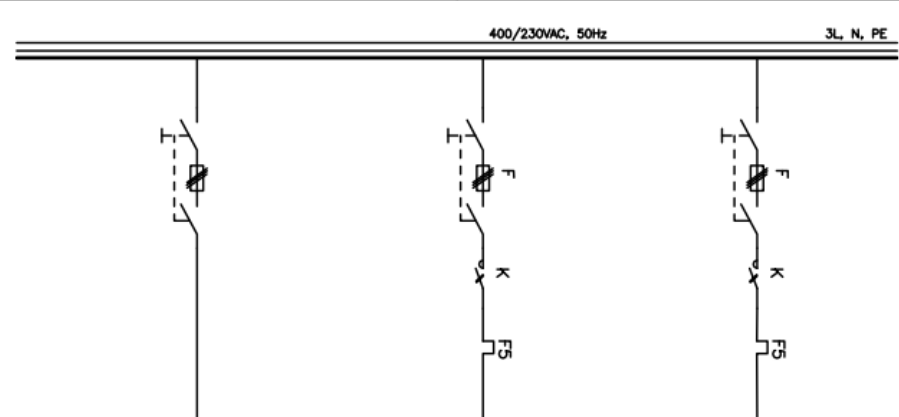
Koko: A3

Piiri nro: /  
Lähti Nro: 6/10

.d1w

K:\OVAKO\_TEKNISET\_DOKUMENTIT\_OHJEET\_OVAKO\_PROJEKTELAKS\ETTE\_POHJAT\dwg\44\18503301.DWG

A B C D E F



| SÄHKÖKESKUS |        | KOHDETIEDOT                     |           | KUORMA    |                            | KAAPELI    |              |                        |                        |
|-------------|--------|---------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|------------|--------------|------------------------|------------------------|
| No.         | POSTID | NAMTS                           | TEHO<br>W | WIKA<br>A | KAAPELITYYPPI JA PORMENTTI | KAAPELIMÄR | PIIRIKAAVIO  | HILUM                  |                        |
|             | X4.4   | VAPAA LÄHTÖ                     | 125       |           |                            |            | 18503501.DWG |                        |                        |
|             | F      | KYTKINVAROKE                    |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | X4.5   | JÄÄHDYTYSKIERTOVESI<br>PUMPPU 1 | 88        |           |                            |            | 18503601.DWG | TURVAKYTKIM.<br>ABS.12 | MOOTTORIN<br>TEHO 45kW |
|             | F      | KYTKINVAROKE                    |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | K      | KONTAKTORI                      |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | F5     | LÄMPÖRELE                       |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | X4.6   | JÄÄHDYTYSKIERTOVESI<br>PUMPPU 2 | 125       |           |                            |            | 18503701.DWG | TURVAKYTKIM.<br>ABS.13 | MOOTTORIN<br>TEHO 45kW |
|             | F      | KYTKINVAROKE                    |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | K      | KONTAKTORI                      |           |           |                            |            |              |                        |                        |
|             | F5     | LÄMPÖRELE                       |           |           |                            |            |              |                        |                        |

**Etteplan**  
LAPPENTIE 12, 05100 IMAVA, FINLAND  
Puh. +358 10 307 1080

Piir. /  
Suunn. 1.11.2022 /JSA  
Tark. /  
Tyy. /

**OVAKO**

Nimi/ys  
MALLIPÄÄKÄÄVIO

Osasto  
A3

Piir. nro:  
7/10

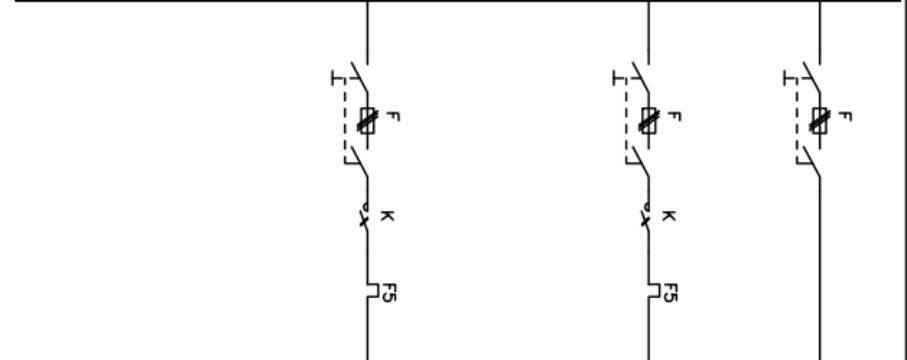
Tihti  
Nro:  
.drr

K:\OVAKO\_TEKNISET\_DOKUMENTIT\_OHJEET\_OVAKO\_PROJEKTELÄKIS\ETTE\_POHJAT\dwg\set01633\STALTIAP

A  
B  
C

D  
E  
F

400/230VAC, 50Hz  
3L, N, PE



| SÄHKÖKESKUS |       | KOHDETIEDOT                   |            | KUORMA    |                          | KAAPELI    |              |                        |  |
|-------------|-------|-------------------------------|------------|-----------|--------------------------|------------|--------------|------------------------|--|
| №           | POSTI | NIMIS                         | TEHO<br>kW | VEDÄ<br>A | KAAPELITYYPPI JA PAKKAUS | KAAPELIMÄÄ | PIKKAUS      | HUOM                   |  |
|             | X5.1  | VAPAA LÄHTÖ                   |            | 125       |                          |            | 18503901.DWG |                        |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE                  |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | X5.2  | HYDRAULIIKKAÖLJYN<br>LÄMMITYS |            | 13,6      |                          |            | 18504101.DWG | LÄMMITYSTEHO<br>9kW    |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE                  |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | K     | KONTAKTORI                    |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                     |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | X5.3  | HYDRAULIIKIERTO<br>PUMPPU 1   |            | 8,8       |                          |            | 18504101.DWG | TURVAKYTKIM.<br>ABS.14 |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE                  |            |           |                          |            |              | MOOTTORIN<br>TEHO 4kW  |  |
|             | K     | KONTAKTORI                    |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                     |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | X5.4  | HYDRAULIIKIERTO<br>PUMPPU 2   |            | 8,8       |                          |            | 18504201.DWG | TURVAKYTKIM.<br>ABS.15 |  |
|             | F     | KYTKINVAROKE                  |            |           |                          |            |              | MOOTTORIN<br>TEHO 4kW  |  |
|             | K     | KONTAKTORI                    |            |           |                          |            |              |                        |  |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                     |            |           |                          |            |              |                        |  |

|                  |  |          |  |
|------------------|--|----------|--|
| 400/230VAC, 50Hz |  | L, N, PE |  |
|                  |  |          |  |

|  |  |                       |                     |           |                                       |
|--|--|-----------------------|---------------------|-----------|---------------------------------------|
| <br>LAMPELANTIE 12, 00100 HELSINKI, FINLAND<br>Puh. +358 10 307 7000 | Pika<br>Suunn. 1.11.2022 /JSA<br>Tekn. /<br>Hpv. / | Nimi<br>MALLIPYKKÄÄNÖ | Typpi<br>CAD versio | Osa<br>A3 | Pika versio<br>Tiedot<br>8/10<br>.dwt |
|--|--|-----------------------|---------------------|-----------|---------------------------------------|

K:\OYAKO\_TEKNISET\_DOKUMENTIT\_OAJIET\_OYAKO\_PROJEKTILAUS\ETTE\_POHJAT\dwg\&#1016333&#57ALTIIP&

| SÄHKÖKESKUS |         | KOHDETIEDOT            |      | KUORMA |                           | KAAPELI    |              | KUUSILINJA    | PIIRIKUVAUS | KUVA |
|-------------|---------|------------------------|------|--------|---------------------------|------------|--------------|---------------|-------------|------|
| No.         | PERUSTE | NIMETYS                | TIPO | TEHO   | KAPASITANSI JA RESONANSSI | KUUSILINJA | PIIRIKUVAUS  | KUVA          |             |      |
|             |         | K5.5 HYDRAULIPUMPPU 1  |      | 140    |                           |            | 18504301.DWG | TURVAKYTKIM.  |             |      |
|             | F       | KYTKINVAROKE           |      |        |                           |            |              | MOOTTORIN     |             |      |
|             | K       | KONTAKTORI             |      |        |                           |            |              | TEHO 75kW     |             |      |
|             | F5      | LÄMPÖRELE              |      |        |                           |            |              |               |             |      |
|             |         |                        |      |        |                           |            |              |               |             |      |
|             |         | K5.6 HYDRAULIPUMPPU 2  |      | 140    |                           |            | 18504401.DWG | TURVAKYTKIM.  |             |      |
|             | F       | KYTKINVAROKE           |      |        |                           |            |              | MOOTTORIN     |             |      |
|             | K       | KONTAKTORI             |      |        |                           |            |              | TEHO 75kW     |             |      |
|             | F5      | LÄMPÖRELE              |      |        |                           |            |              |               |             |      |
|             |         |                        |      |        |                           |            |              |               |             |      |
|             |         | K6.1 HILSEPESURIKESKUS |      | 125    |                           |            | 18501801.DWG | KESKUKSEEN    |             |      |
|             | F       | KYTKINVAROKE           |      |        |                           |            |              | MOOTTORITEHOT |             |      |
|             | K       | KONTAKTORI             |      |        |                           |            |              | 30+4+4kW      |             |      |

**Etteplan**  
 LAURENTE 12, 05100 MÄNTÄ, FINLAND  
 Puh. +358 10 387 1800

Proj. /  
 Suunn. 1.11.2022 / SA  
 Tekn. /  
 Työ /

**OVAKO**

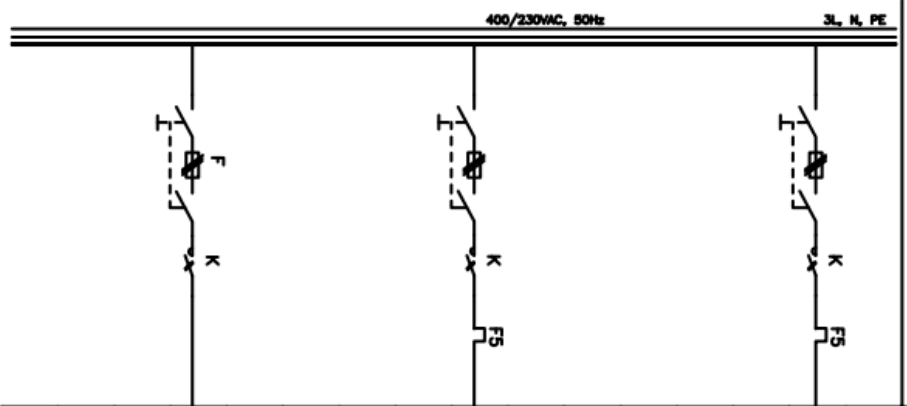
Nimi: MALLIPUKKANO

Typi: /  
 CAD nro: /

Proj. nro: 9/10  
 Päivä: /  
 Koko: A3  
 Muoto: .drrw

K:\OVAKO\_TENNISET\_DOKUMENTIT\_OHJET\_OVAKO\_PROJEKTIAIOLS\ETTE\_PUKKANO\dwg\441016338\STALUP\$

400/230VAC, 50Hz



| SÄHKÖKESKUS |       | KOHDETIEDOT                      | KUORMA           | KAAPPI                       | KAAPPILOIN | PERUUNO      | HUO                    |
|-------------|-------|----------------------------------|------------------|------------------------------|------------|--------------|------------------------|
| No.         | POSTO | NIMITYS                          | TEHO<br>VA<br>VA | KAAPITILIN<br>JA<br>PÄÄKÖNTE | KAAPPILOIN | PERUUNO      | HUO                    |
|             | X6.2  | SAVUKKASPUHALLIN                 | 73               |                              |            | 18774001.DWG | TURVAKYTKIM.<br>A85.11 |
|             | F     | KYTKINVAROKE                     |                  |                              |            |              | MOOTTORIN<br>TEHO 37kW |
|             | K     | KONTAKTORI                       |                  |                              |            |              |                        |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                        |                  |                              |            |              |                        |
|             | X6.3  | POLTOILMAPUHALLIN<br>KUMAPUSKURI | 29               |                              |            | 18503801.DWG | TURVAKYTKIM.<br>A85.10 |
|             | F     | KYTKINVAROKE                     |                  |                              |            |              | MOOTTORIN<br>TEHO 15kW |
|             | K     | KONTAKTORI                       |                  |                              |            |              |                        |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                        |                  |                              |            |              |                        |
|             | X6.4  | HYDRAULIPUMPPU 3                 | 140              |                              |            | 18504501.DWG | TURVAKYTKIM.<br>A85.18 |
|             | F     | KYTKINVAROKE                     |                  |                              |            |              | MOOTTORIN<br>TEHO 75kW |
|             | K     | KONTAKTORI                       |                  |                              |            |              |                        |
|             | F5    | LÄMPÖRELE                        |                  |                              |            |              |                        |

**Etteplan**  
LAPPEENRANTA 12, 00100 MANTTA, FINLAND  
Puh. +358 10 207 7000

Proj. /  
Suunn. 1.11.2022 / JSA  
Tark. /  
Tyy. /

**OVAKO**

Identifikaatio  
MALLIPAKKAAMO

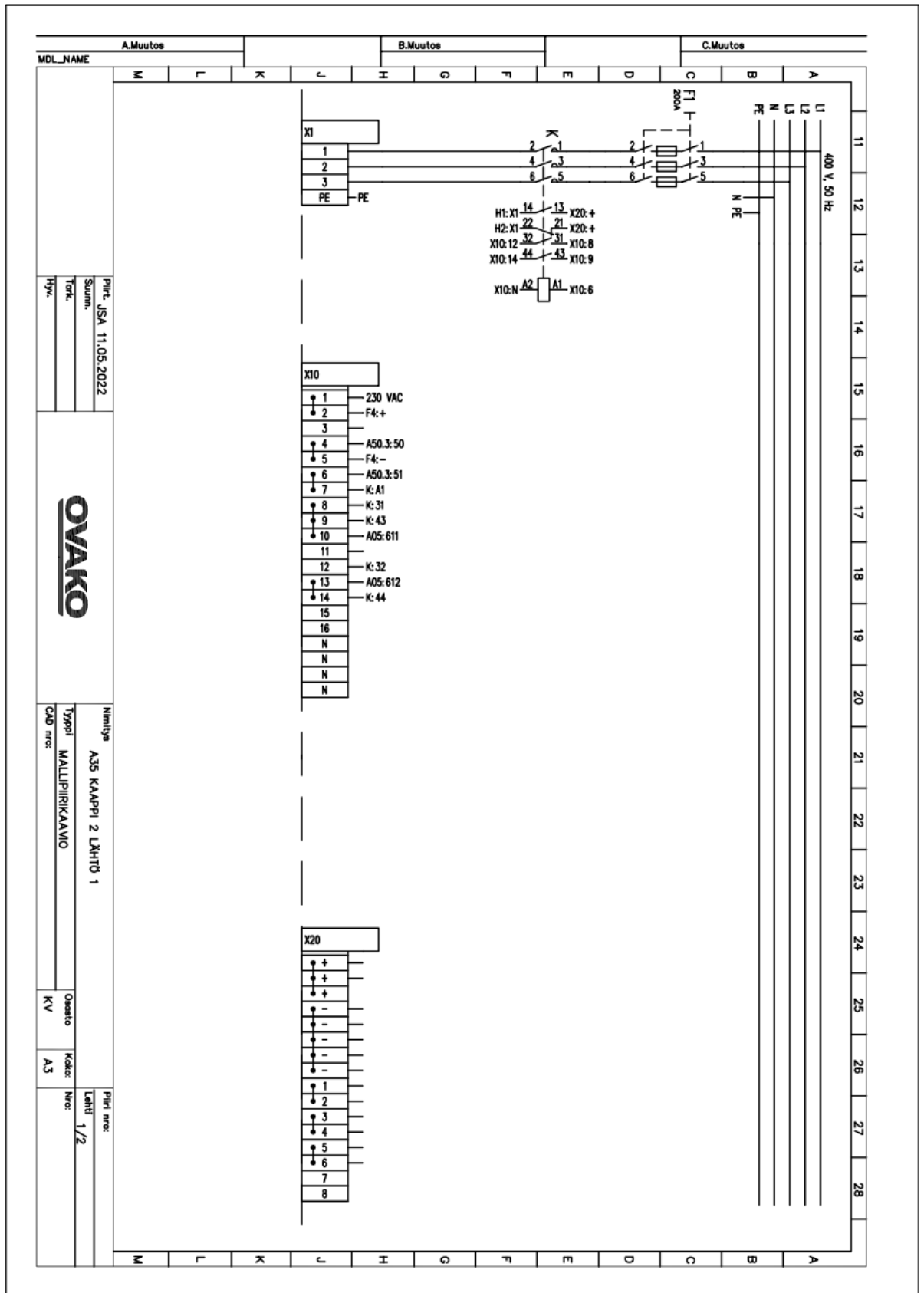
Tyypit  
CAD mnc

Ohjeisto  
Kokos  
A3

Proj. nro.  
Lähit.  
10/10  
.dwt

K:\OVAKO\_TENNISET\_DOKUMENTIT\_OHJEET\_OVAKO\_PROJEKTELMAUS\ETTE\_POHJAT\dwg\80101633\ASTAL.TMLP3

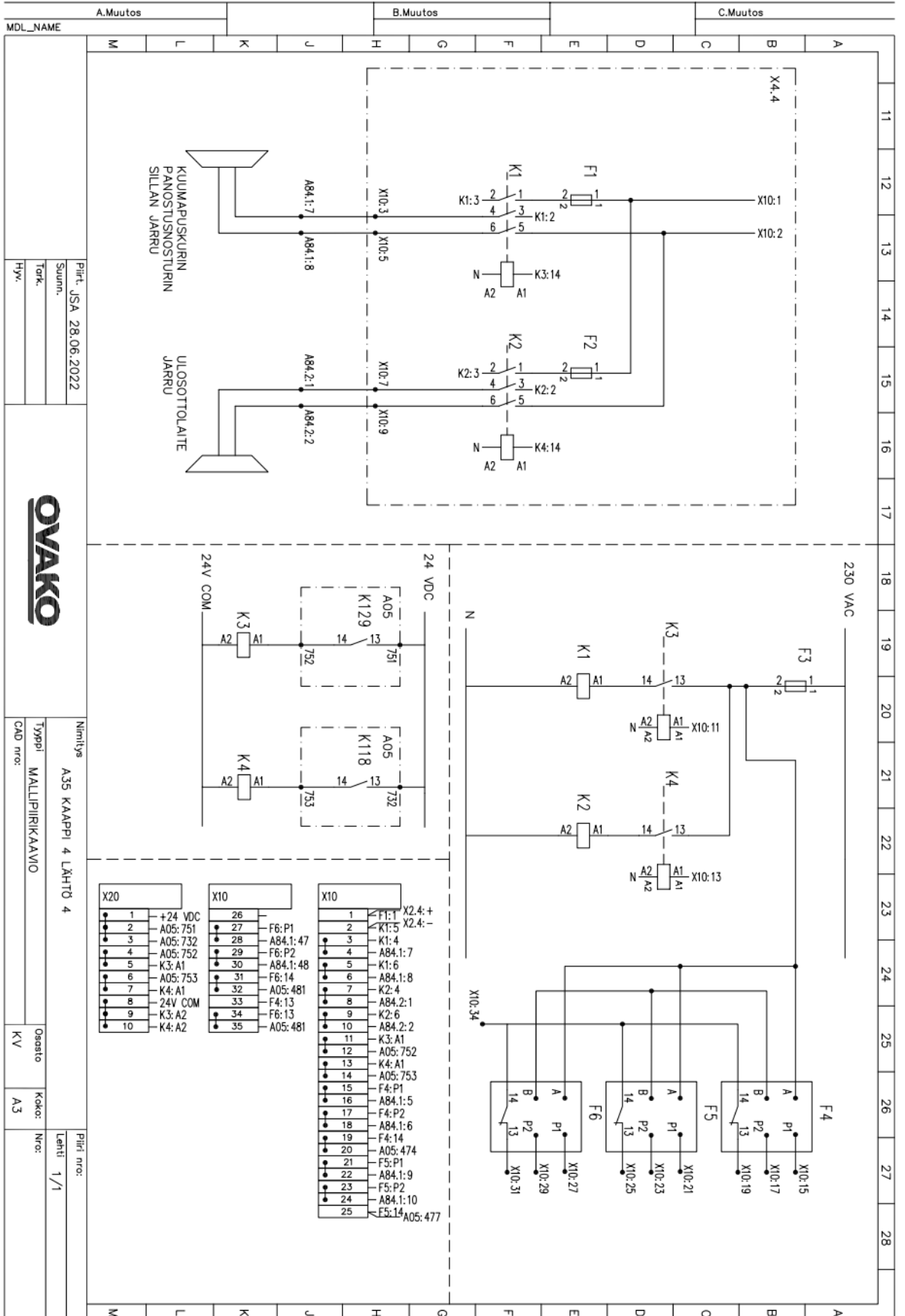












| MDL_NAME | A.Muutos | B.Muutos | C.Muutos |
|----------|----------|----------|----------|
| M        |          |          |          |
| L        |          |          |          |
| K        |          |          |          |
| J        |          |          |          |
| H        |          |          |          |
| G        |          |          |          |
| F        |          |          |          |
| E        |          |          |          |
| D        |          |          |          |
| C        |          |          |          |
| B        |          |          |          |
| A        |          |          |          |

|                       |          |                      |
|-----------------------|----------|----------------------|
| Piirt. USA 28.06.2022 | Nimitys  | A35 KAAPPI 4 LÄHTÖ 4 |
| Suunn.                | Typpi    | MALLIPIIRIKAAVIO     |
| Tark.                 | CAD nro: |                      |
| Hyv.                  |          |                      |

|        |      |     |
|--------|------|-----|
| Osasto | KV   | A3  |
| Kokor. | Nro: | 1/1 |



