



# jamk

## Sähköasemien hyvät asennustavat

Juha Horelli

Opinnäytetyö

Toukokuu 2025

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

**Horelli, Juha**

## **Sähköasemien hyvät asennustavat**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2025, 42 sivua

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

## **Tiivistelmä**

Opinnäyte tehtiin toimeksiantona Enerke Oy:lle, joka on sähköverkko- ja tietoliikenne- ja rakentamiseen keskittynyt rakennusyhtiö. Toimeksiantona oli saattaa loppuun laadunhallintaprojekti, jossa lopputuloksena syntyi kattava ja helposti myöhemminkin päivitettävä koulutusmateriaali, jota voidaan käyttää erityisesti asennushenkilöstön kouluttamiseen.

Opinnäytetyö toteutettiin soveltavana laadullisena kehitystyönä. Tietoperustassa keskityttiin kahteen pääaihealueeseen ja ensimmäisessä osiossa avataan lukijalle, että millaisia laitteita, laitteistoja ja rakenteita löytyy tyypillisesti suomalaisesta sähköasemalta sekä mikä on niiden tehtävä. Tietoperustan toisessa osiossa esiteltiin olennaisimmat lait ja standardit, jotka käytännössä määrittelevät reunaehdot, joita sähköasennusten tulee noudattaa laadullisessa sekä teknisessä mielessä.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin Powerpoint-koulutusmateriaali, jossa käytettiin jo aikaisemmin yrityksen sisällä kerättyä tietoperustaa sekä kuvia ja saatettiin nämä laadultaan ja ulkoasultaan yhtenäisiksi Powerpoint-esityksiksi. Uusiin koulutusmateriaaleihin tehtiin myös aineistopäivityksiä sekä lisättiin täysin uutena osiona hyviin asennustapoihin johdettava materiaali, jossa on esitetty myös kestävä kehityksen eri teemoja sekä laatuun liittyviä näkökulmia. Koulutusmateriaalissa painopisteenä oli erityisesti asennusten tekninen toteutus ja tavoitteena oli saada koulutusmateriaalista sisällöltään sellainen, että asentaja osaa erottaa sähköasennusten laadullisen eron ja pystyy omassa työssä soveltamaan koulutuksesta saatuja oppeja.

## **Avainsanat (asiasanat)**

Sähköasema, sähköasennukset, koulutus, sähköturvallisuuslaki, kojeisto, kenttälaitteet, sähkönjakelu, sähköverkko

## **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Horelli, Juha**

### **Qualified installation methods for electrical substations**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2025, 42 pages

Degree Programme in Automation and Electrical Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was commissioned by Enerke Oy, a construction company focused on electrical network and telecommunications construction. The assignment was to complete a quality management project, which would result in comprehensive and easily updateable training material that could be used in particular for training installation personnel.

The thesis was implemented as applied qualitative development work. The knowledge base focused on two main subject areas, and the first section explains to the reader what kind of devices, equipment and structures are typically found in a Finnish substation and what their function is. The second section of the knowledge base presented the most essential laws and standards that practically define the boundary conditions that electrical installations must comply with in a qualitative and technical sense.

As a result of the thesis, Powerpoint training material was created, which used the knowledge base and images previously collected within the company and transformed these into Powerpoint presentations that were uniform in quality and appearance. The new training materials also received material updates and a completely new section was added, introducing good installation practices, which also presents various themes of sustainable development and quality-related perspectives. The focus of the training materials was particularly on the technical implementation of installations, and the aim was to ensure that the training materials contained content that would enable the installer to distinguish the qualitative difference between electrical installations and to be able to apply the lessons learned from the training in their own work.

### **Keywords/tags (subjects)**

Substation, electrical installations, training, electrical safety law, switchgear, field equipment, electricity distribution, electricity network

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>6</b>
1.1	Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet .....	6
1.2	Toimeksiantaja Enerke Oy.....	7
<b>2</b>	<b>Tavoitteet, rajaukset ja eettisyys</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Sähköaseman rakenne</b> .....	<b>8</b>
3.1	Yleistä sähköasemista .....	8
3.2	Kenttälaitteet .....	12
3.3	Sähköasemarakennuksen laitteistot .....	23
<b>4</b>	<b>Sähkötekniisiä asennusvaatimuksia ja ohjeistuksia Suomessa</b> .....	<b>30</b>
4.1	Johdanto.....	30
4.2	Laki.....	31
4.3	SFS6000:2022 .....	32
4.4	SFS6001:2018 .....	36
4.5	SFS6002:2025 .....	37
<b>5</b>	<b>Koulutusmateriaalin toteutus</b> .....	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>39</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>42</b>

## Kuviot

Kuvio 1.	Tyypillinen sähköasemakenttä sivusta. Kuvassa kenttä E01. ....	10
Kuvio 2.	Kuvio 2:n kenttä kuvattuna edestä. Kentät E01 ja E02 ovat samanlaisia. ....	11
Kuvio 3.	Tyypillinen sähköasemarakennuksen pohjakuva.....	11
Kuvio 4.	Katkaisija .....	13
Kuvio 5.	Erotin, jossa maadoitusveitset.....	14
Kuvio 6.	Putkikiskostojärjestelmä ja päätyportaali.....	17
Kuvio 7.	Virtamuuntaja .....	18
Kuvio 8.	Jännitemuuntaja.....	19
Kuvio 9.	Päämuuntaja .....	21
Kuvio 10.	Vasemmalla tukieristin tukemassa johtoa ja oikealla ylijännitesuoja .....	23
Kuvio 11.	Vaunukatkaisijalla varusteltu kojeisto ja sen pääkaavio.....	24
Kuvio 12.	Kennoja rivissä.....	24
Kuvio 13.	Johtolähtökenno kuvattuna pääkaaviossa.....	25
Kuvio 14.	Jännitemuuntajat kennon sisällä .....	25

Kuvio 15. Kaapelivirtamuuntaja .....	26
Kuvio 16. Esimerkki koulutusmateriaalista .....	38
Kuvio 17. Esimerkki koulutusmateriaalista .....	39
Kuvio 18. Esimerkki koulutusmateriaalista .....	39

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet

Sähköverkko- ja sähköasemaurakoinnin kilpailutusvaihe on moniulotteinen kokonaisuus, jossa monesti valitaan kokonaistaloudellisesti edullisin urakoitsija toteuttamaan urakka, mutta on olemassa myös muita tekijöitä, jotka vaikuttavat osaltaan urakoitsijan valintaan. Kilpailutuksen vaiheissa vertaillaan yritysten välisiä mitattavia asioita, joihin kuuluvat muun muassa tapaturmataajuus ja laatuasteet. Laatu on merkittävässä roolissa, kun tilaaja tekee päätöksiä urakoitsijan valinnasta ja tämän opinnäytetyön tavoitteena on nostaa yrityksen laatua urakoinnissa entistä korkeammaksi. Laadukkaat tekniset ratkaisut lisäävät myös itsessään luottamusta yritykseen rakentajana ja toimii näin luonnollisena käyntikorttina ja kilpailuetuna urakkakilpailutuksen aikana maineen kasvaessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa ”Sähköasemien hyvät asennustavat”- Powerpoint koulutusmateriaali toimeksiantajan sisäiseen käyttöön ja saattaa keskeneräinen, vuonna 2024 yrityksessä aloitettu, laatuprojekti loppuun, jonka avulla voidaan kouluttaa henkilökuntaa. Materiaalia, kuten rakentamishojeita ja kuvia hyvistä ja huonoista asennuksista, oli toimeksiantajalla valmiiksi jo omasta takaa ja näistä oli talvella 2025 työryhmissä tehty esityksiä, mutta niissä oli keskenään huomattavia eroja ja nämä tuli saada laadultaan ja ulkoasultaan yhdenmukaisiksi. Lisäksi esityksiin oli tehtävä muutoinkin päivitystä ja materiaalilisäyksiä muun muassa kuvien muodossa. Tämä opinnäytetyö saattoi vuonna 2024 aloitetun ”Hyvät asennustavat”- laatuprojektin loppuun ja koulutusmateriaali jää sellaiseksi, että sitä voidaan myöhemmin myös ylläpitää tarpeen tullen. Opinnäytetyössä luotiin myös yksi uusi osa-alue, joka johdattaa hyvien asennustapojen aiheeseen, jossa huomioidaan myös kestävä kehityksen teemoja, kuten vastuullisuus, turvallisuus, ympäristö ja taloudelliset näkökulmat. Tämä oli luonnollinen lähestymistapa aiheeseen, koska toimeksiantaja on alkanut panostamaan entistä enemmän kestävä kehityksen teemoihin viime vuosina ja koulutusmateriaali tukee yrityksen vastuullisuusteemoja. Koulutusmateriaalin läpikäytyään päätavoitteena oli saada koulutuspaketista sellainen, että työntekijä saisi hyvän yleiskuvan siitä, mitä työnantaja vaatii asennuksilta ja millaista laatua se odottaa yleisellä tasolla, kun keskitytään sähköasemien sähköisiin- ja mekaanisiin asennuksiin.

## 1.2 Toimeksiantaja Enerke Oy

Enerke Oy on Pohjois-Karjalan Sähkö Oy konserniin kuuluva sähköverkko- ja tietoliikenne rakentamiseen keskittynyt tytäryhtiö, joka on perustettu vuonna 2002. Enerken päätoimipiste sijaitsee Kontiolahden Lehmosssa, mutta yritys on laajentanut toimintaansa vahvasti toimien valtakunnallisesti alusta alkaen ja toimipisteitä löytyy niinkin kaukaa kuin Hyvinkäältä, Nokialta ja Suomussalmelta pääpainon ollessa kuitenkin Itäisessä Suomessa Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon alueilla. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2024 noin 80 miljoonaa euroa ja henkilökuntaa yrityksessä on 277 (2024). Yrityksenä Enerke Oy tarjoaa urakointipalveluita, sähköverkkorakentamisen palveluita pien-, keski- ja suurjännitepuolella sekä sähköasema- ja teollisuuden urakointipalveluita myös avaimet käteen- periaatteella. (Enerke n.d.)

## 2 Tavoitteet, rajaukset ja eettisyys

Tämän opinnäytetyön lähtökohdaksi on valittu soveltava laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä opinnäytetyön luonteen vuoksi, koska työ on kehitystyö opinnäytetyön toimeksiantajalle. Opinnäytetyön tietoperusta rakentuu seuraavien tutkimuskysymysten ympärille

- Mistä laitteista ja laitteistoista sähköasemat rakentuvat?
- Mitkä ovat olennaisimmat lait ja standardit, joita noudatetaan Suomessa sähköasemasennuksissa?
- Millaisia ovat hyvät asennustavat?

Opinnäytetyön tietoperustan rajaus tehtiin siltä pohjalta, että lukija saa peruskäsityksen eri laitteiden toiminnasta ja niiden roolista sähköasemilla. Opinnäytetyön työnantajalle jäävässä ”Hyvät asennustavat”- materiaalissa pääpaino on hyvissä asennustekniikoissa sekä visuaalisesti siisteissä ja toimivissa asennuksissa. Työntantajalle jäävä materiaali on salainen, joten sitä ei julkaistu tämän opinnäytetyön yhteydessä.

Lisäksi on hyvä tiedostaa, että toimivat ja asianmukaiset asennukset mahdollistavat myös turvallisen työskentelyn sähkölaitteistojen äärellä, mutta opinnäytetyön rajaus perustui asennuksien tekniseen toteutukseen. Tämän vuoksi SFS6002 standardi on rajattu tämän opinnäytetyön tietoperustan ulkopuolelle, mutta standardin luonteen vuoksi siitä on lyhyt esittely.

Opinnäytetyön tietoperustan luotettavuus on varmistettu käyttämällä luotettavia kirjallisia lähteitä ja käytännössä näistä saatua tietoa on kriittisesti arvioitu kirjoittajan omaan tietoon ja kokemukseen sähköasemien laitteistoista. Työssä käytettiin tietoperustan lähteinä sellaista aineistoa, joka on sovellettavissa Suomen oloissa, koska lait ja standardit vaihtelevat maittain. Yleisesti lähteinä on käytetty sellaisia, jotka ovat julkisia sekä luotettavia, kuten edellä mainitut lait ja standardit. Kuvamateriaali on kerätty kirjoista ja valtaosa osa kuvista on opinnäytetyön kirjoittajan itse ottamia. Myös toimeksiantajalta on saatu kuvamateriaalia. Kuvissa esitetyt laitteet ja rakenteet ovat Suomessa yleisesti käytettyjä. Kojeiden ja rakenteiden kuvaamiseen on saatu verkkoyhtiön hyväksyntä ja niitä on lupa käyttää julkisessa opinnäytetyössä.

Tekoälyä (ChatGPT) on käytetty Powerpoint-materiaalin luonnissa apuna pohdittaessa kestävän kehityksen sekä taloudellisen puolen näkökulmasta opinnäytetyön aihetta. Tekoälyn käytössä on pidetty huoli tietoturvasta, eli siltä on kysytty lähinnä yleisluontoisesti asioita ja näitä vastauksia on sitten verrattu omaan olemassa olevaan tietotaitoon ja pohdittu niiden paikkansapitävyyttä. Tärkeää on myös painottaa, että tekoälylle ei syötetty mitään sellaista tietoa, joka voisi vaarantaa tietoturvaa eli toimeksiantajan ohjeistusta tekoälyn käytöstä on noudatettu myös kaikissa opinnäytetyön vaiheissa. Opinnäytetyön julkisessa osassa ei ole sellaista tietoa, joka voisi haitata toimeksiantajaa tai olla eduksi kolmansille osapuolille.

### **3 Sähköaseman rakenne**

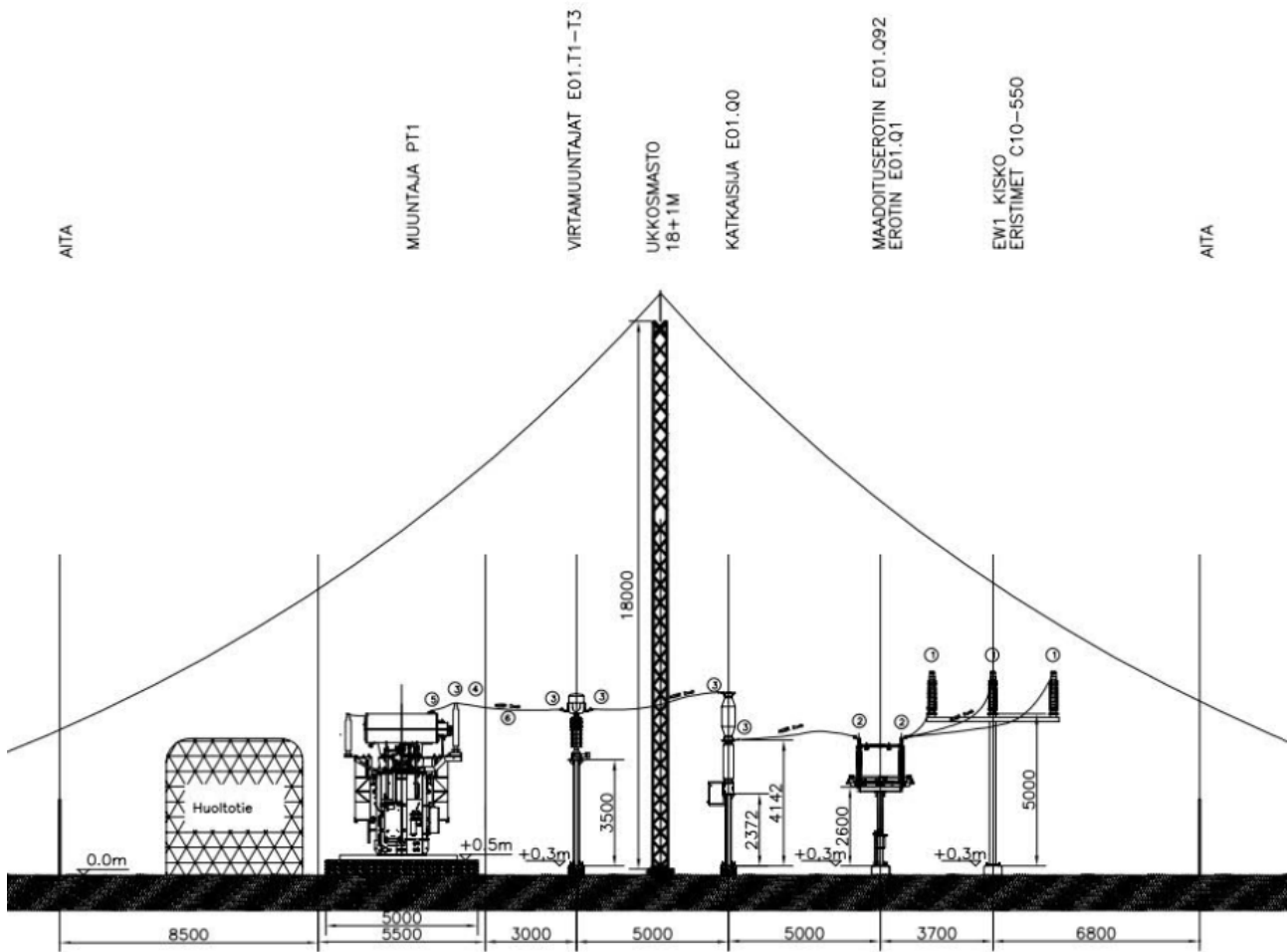
#### **3.1 Yleistä sähköasemista**

Keskijänniteverkkoa syötetään usein sähköasemien avulla, joissa muunnetaan suurjännite keskijännitteeksi ja usein tilanteessa on jännitetason muutos 110 kV jännitteestä 20 kV jännitteeksi. Sähköasemien rooli on sähköverkossa tärkeässä osassa, koska niiden sijainnit ja koot määrittävät monesti keskijännitteellä toimivien runkojohtojen mitat, mitoitus ja hyvin pitkälle sähköverkon varayhteydet. Sähköasemat toimivat solmupisteinä, jakelukeskuksina, joihin on sijoitettu valtaosa sähköverkon suojaus- ja automaatiotoiminnoista. Sähkötoimitusten laadukkuus ja kehittäminen ovat tärkeässä asemassa, kun päätetään rakentaa uusi sähköasema. (Lakervi & Partanen 2009, 119.)

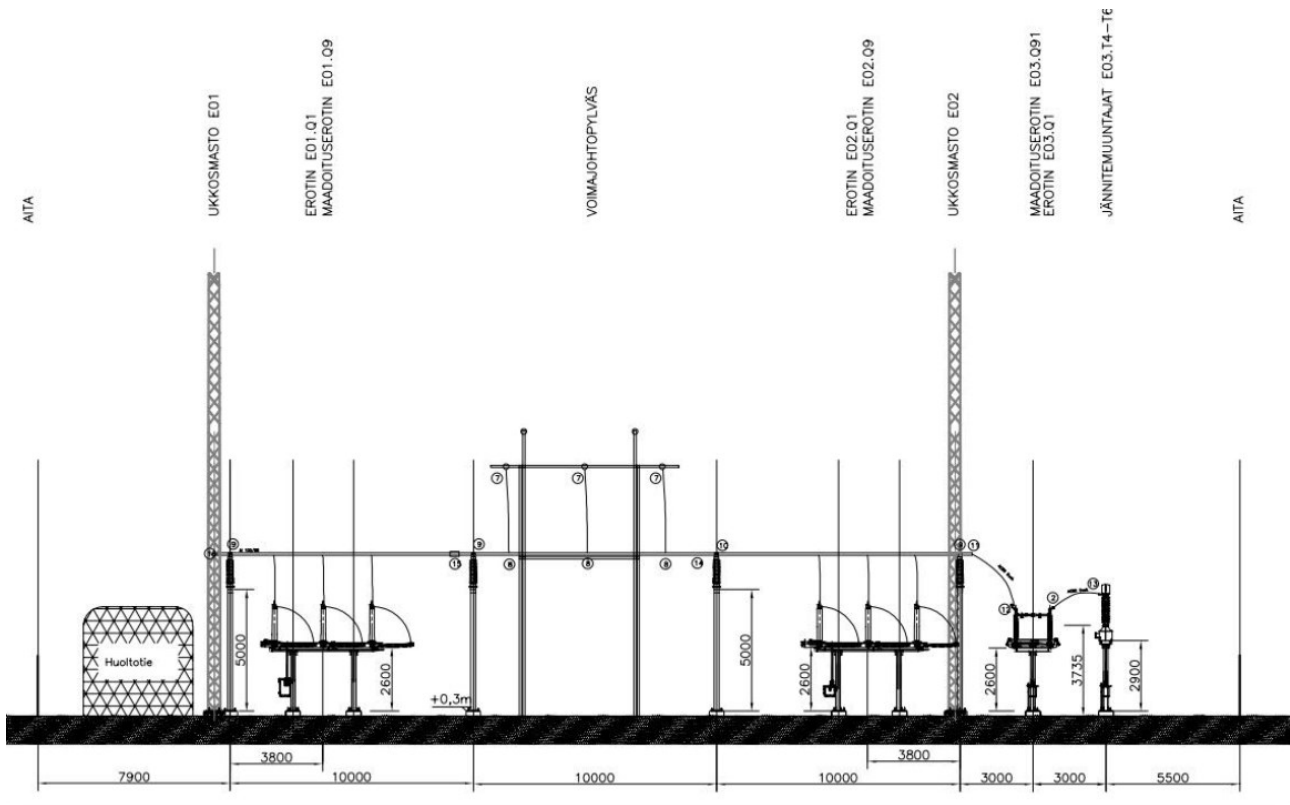
Sähköasema rakentuu yleisesti neljästä segmentistä: suurjännitepuolen kytkinlaitoksesta, yhdestä tai useammasta päämuuntajasta, keskijännitekytkinlaitoksesta(=kojeisto) ja apujännitejärjestelmästä mukaan luettuna käyttötukitoiminnot. Haja-asutusalueella näkee yleisesti sähköasemia(Kuvio, Kuvio 2 ja Kuvio 3), jotka ovat ilmaeristeisiä avokytkeinlaitoksia, mutta taajamissa ja kaupunkialueilla sähköasemat rakennetaan monesti tilansäästösyistä ja/tai ulkonäkösyistä SF6-kaasueristeisiksi kytkinlaitoksiksi. (Lakervi & Partanen 2009, 119.)

Sähköaseman syöttö voi olla säteisjohdon(tähtitopologia) sijaan myös rengasmaisen eli syöttö voi tulla useasta suunnasta, jolloin verkon kytkentätilanteet ovat monipuolisemmat ja näin mahdollistetaan esimerkiksi huollot, jotka eivät aiheuta verkon käyttäjille sähkökatkoa. Erilaiset kiskoratkaisut ja katkaisijat mahdollistavat sähköaseman alueella myös erilaiset muutostilanteet esimerkiksi sähkönsyötössä ja esimerkkinä voi antaa tilanteen, jossa sähköaseman johtolähdön syöttökisko vaihdetaan kiskosta A kiskoon B. Suurten kuormitustilanteiden aiheuttamat poikkeukselliset kytkentäjärjestelyt on otettava huomioon jo verkon mitoituksen yhteydessä, jotta verkko kestää tällaisia tilanteita. (Lakervi & Partanen 2009, 119, 121.)

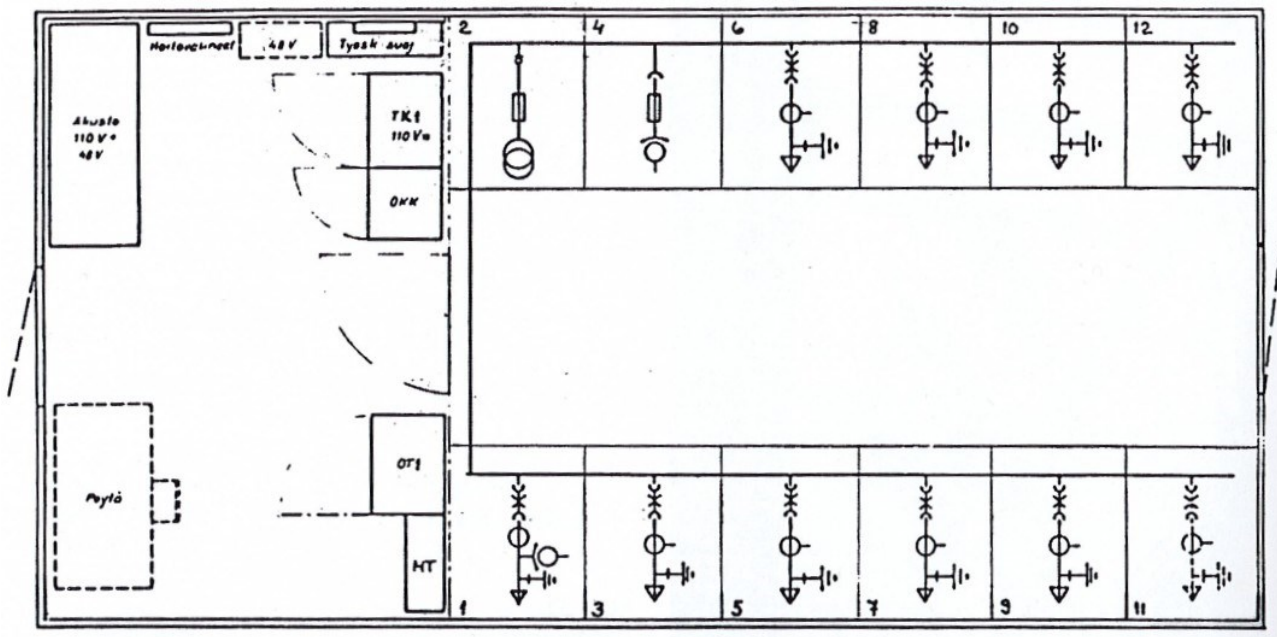
Päämuuntaja on sähköaseman hinnakkain komponentti. Päämuuntajan nimellistehon merkitys on tärkeässä roolissa, koska mitä isompi on muuntajan nimellisteho sitä enemmän impedanssi pienenee ja tätä myöten myös keskijänniteverkon oikosulkuvirrat kasvavat. Yleisimmin käytetään muuntajia, joiden tehot ovat välillä 10-40 MVA. Yleensä muuntajaa ei käytetä nimellistehollaan, koska muuntajan pitää kyetä mahdollisissa verkon vikatilanteissa paikkaamaan esimerkiksi sähköaseman toista päämuuntajaa tai viereistä sähköasemaa, jossa on vikatilanne päällä. Varasyöttötilanteissa on mahdollista hyödyntää myös muuntajien ylikuormitusta, noin 10-30 %, jolloin pitää huomioida kuitenkin muuntajan ympäristön lämpötila. Normaaleissa verkon kuormitustilanteissa päämuuntajaa kuormitetaan 60-80 % sen nimellistehosta. (Lakervi & Partanen 2009, 121.)



Kuvio 1. Tyypillinen sähköasemakenttä sivusta. Kuvassa kenttä E01.



Kuvio 2. Kuvio 2:n kenttä kuvattuna edestä. Kentät E01 ja E02 ovat samanlaisia.



Kuvio 3. Tyypillinen sähköasemarakennuksen pohjakuva (Ketola & Monni 2019, 130)

## 3.2 Kenttälaitteet

### Katkaisijat, erottimet ja kytkinlaitteet

Erilaisten kytkinlaitteiden rooli on muuttaa sähköverkon kytkentätilanteita erilaisissa tilanteissa. Tällaisia tilanteita on esimerkiksi, kun ohjataan sähköän kulkua verkossa, halutaan erottaa viallinen koje irti verkosta laiterikkojen ja vaaratilanteiden välttämiseksi ja toimia galvaanisena erotuspisteinä sähköverkon eri osien välillä. (Elovaara & Haarla 2011, 161.)

Tärkeimpiä kytkinlaitteita suurilla tehoilla jakeluverkossa ja sähköasemilla ovat:

- Katkaisijat, joiden on kyettävä katkaisemaan suurimmatkin verkossa esiintyvät virrat
- Erottimet, joiden tehtävä on varmistaa kahden eri pisteen sähköinen erotus
- Kytkimet, jotka pystyvät katkaisemaan vain normaalin kuormitusvirran
- Kuormanerottimet, joilla on kaksi tehtävää: toimia kytkimenä sekä erottimena samanaikaisesti

Vastaavasti pien- ja pienoisjännitteillä yleisesti käytettyjä kytkinlaitteita ovat:

- Kontaktorit, joiden tilaa muutetaan ohjausjännitteellä
- Varokkeet(=sulakkeet), jotka toimivat esimerkiksi kytkinvarokkeina ja jonovarokeytkiminä. Näitä käytetään yleisesti oikosulkusuojina ja oikosulkusuojien ja kytkimien kombinaatioina erityisesti pienjännitepuolella, mutta välillä myös keskijänniteverkonpuolella.
- Varokeautomaatteja(=johdonsuojakatkaisijat) käytetään pienjänniteverkoissa ylikuormitus- ja oikosulkusuojina. Nopea laukaisu tapahtuu suurilla virroilla magneettisella laukaisulla ja pienemmillä virroilla bi-metalliliuskan avulla. (Elovaara & Haarla 2011, 161.)

Tehonsiirrossa hinnakkain ja merkittävin kytkinlaite on katkaisija (Kuvio 4) ja sen tehtävä on toimia, kun virtapiiri halutaan avata tai sulkea. Tyypillisimpiä automaattisia katkaisijoiden toimintatilanteita on automaattinen aukaisu esimerkiksi oikosulkuvirran tai maasulkuvirran takia. Mittamuuntajalta lähtee tarkasteltava mittaustieto suojareleelle. Suojarele antaa puolestaan katkaisijalle avauskäskyn. Myös mahdolliset jälleenkytkennät katkaisijalle voidaan suorittaa automaattisesti jälleenkytkentätoimintojen avulla. Katkaisijoille on tyypillistä, että ne pystyvät avaamaan sekä sulkemaan virtapiirin, jossa havaittu virta on moninkertainen katkaisijan nimellisvirtaan nähden. Normaalit kytkimet pystyvät toimimaan vain nimellisvirran alueella katkaisukyvyssään. (Elovaara & Haarla 2011, 162,163.)





Kuvio 5. Erotin, jossa maadoitusveitset

Eristemateriaalit erottimilla ovat tyypillisesti valmistettu valuhartsista, posliinista tai silikonilla päällystetyistä komposiittimateriaaleista. Valuhartsia käytetään yleisesti keskijänniteverkon erottimien eristemateriaalina, posliini ja komposiittimateriaalit ovat yleisemmin käytettyjä 110 kV jännitetasosta ylöspäin. Virtaa kuljettavat erottimissa liikkuvat veitset ja kiinteärakenteiset kosketinosat. (Elovaara & Haarla 2011, 193.)

Tärkeitä huomioitavia kohteita erottimien suunnittelun osalta ovat itse koskettimet ja näiden kosketinpaine, toimintavarmuus ja vähäinen tarve huolloille. Erilaiset erotintyyppit ovat lajiteltu käytännössä liikkumissuunnan sekä tukieristimien lukumäärän mukaan ja on huomioitava, että erilaisten erotinrakenteiden nimitykset eivät ole standardisoituja vaan eri valmistajat saattavat käyttää samoista erotinlaitteista erilaisia tuotenimikkeitä. (Elovaara & Haarla 2011, 193.)

Vaakatasossa liikkuva kaksipilarinen kiertoerotin on yleisin erotintyyppi ja sopiva malli kohteisiin, joissa on tarve erottimien rinnakkaisille asennuksille. Kolmipilarinen kiertoerotin mahdollistaa pie-

nemmän vaihevälin käytön verrattuna kaksipilariseen kiertoerottimeen. Jos pystysuunnassa on vapaata tilaa niin vielä kompaktimaan ratkaisuun päästään erotinrakenteella, jossa erotinveitset saavat liikkua ylöspäin ja pieni asennusala on myös tartuntaerottimien etu. (Elovaara & Haarla 2011, 193.)

Vertikaalitartuntaerottimet sopivat putkikiskojärjestelmiin ja horisontaalisesti liikkuvat tartuntaerottimet käyvät myös erilaisiin köysikiskostojärjestelmiin ja näitä yhdessä käyttäen voidaan kattaa kytkinlaitoksen kaikki erilaiset erotintarpeet. Nivelerottimia käytetään tyypillisesti yli 110-220 kV jännitetasoilla. Saksityyppiset tartuntaerottimet sopivat vertikaalierottimien mukaisesti myös putkikiskojärjestelmiin, mutta on huomioitava, että ne eivät ole soveltuvia vaakaerottimiksi, joille on aina tarve kytkinlaitoksilla. Lisärakenteina voidaan kierto- ja tartuntaerottimissa käyttää myös maadoitusveitsiä ja myös muita lisättäviä rakenteita, kuten kipinävälittömiä kipinäsuojia on mahdollista yhdistää erottimeen. (Elovaara & Haarla 2011, 193.)

### **Maadoituserottimet**

Maadoituserottimen tehtävänä on työmaadoittaa jännitteettömäksi otettu johtolähtö tai kiskosto ja maadoituserottimien etu verrattuna siirrettäviin työmaadoitusvälineisiin on ennen kaikkea turvallisuus ja ne ovat helpommin käytettäviä. Maadoituserottimen virheellisen kytkennän suojana on erilaisia sähköisiä ja mekaanisia lukituksia, joilla estetään se, että jännitteinen osa maadoitettaisiin. Tässä on hyvä huomioida, että kyseiset haitat eivät estä maadoittamista, jos johtolähdössä on takasyöttöä. Maadoituserottimeen liittyvän ohjainlaitteen on lukittava maadoitusveitset siten, että mahdollinen oikosulkuvirta ei kykene avaamaan erotinta auki. Maadoituserottimen on kyettävä kytkemään mahdollisessa virheohjauksessa myös oikosulkuvirta ja tämä ominaisuus luo lisäturvaa sekä operaattorille että kojeistolle. Maadoituserottimen ollessa kennossa, suojaa kennon suljettu rakenne myös mahdollisen virheohjauksen takia syntyneiltä vaikutuksilta. (Ketola & Monni 2019, 140.)

## Kiskostot

Kiskoston (Kuvio 6) tehtävänä on toimia metallisena johdinrakenteena, jonka tehtävänä on toimia eräänlaisena risteyspisteenä tulevien ja lähtevien virtojen välillä. Kiskostoja on erilaisia kuten kiinteitä, onttoja ja esimerkiksi joustavia riippuen tarpeesta. Kiskostot ovat välttämättömiä rakenteita sähköasemilla. (Schneider Electric n.d.)

Ulkokytkinlaitoksilla on perinteisesti erilaisia seosmetalliköysiä kiskostoissa, koska puhtaalla alumiinilla on huono kestävyys mekaanisessa rasituksessa. Yleisesti käytettyjä metalliseoksia köysikiskostojen ovat muun muassa kupari-, alumiini-, teräs-alumiini sekä seosalumiini. Kuparin käyttö on pääsääntöisesti melko vähäistä  $U_m > 123$  kV jännitteillä puhtaasti taloudellisista syistä. On tärkeää huomioida, että kojeen liittimet voivat olla esimerkiksi pronssia, messinkiä tai kuparia, jolloin kojeiden ja kiskostojen väliset liitokset on tehtävä erikoisliittimillä korroosioriskin vuoksi. (Elovaara & Haarla 2011, 115,116.)

Tänä päivänä köysikiskostot ovat vähenemässä ja ne ovat korvautumassa erilaisilla putkikiskostorakenteilla. Putkikiskostojen etuja verrattuna köysikiskostorakenteisiin ovat muun muassa

- Edullisempi hankintahinta
- Parempi oikosulkuvirtojen kesto
- Kompaktimpi rakenne
- Helpompi laajennettavuus
- Virta- ja oikosulkukestoisempia tartuntaerottimia on helpompi käyttää
- Paremmat koronaominaisuudet
- Ulkonäköseikat

Köysikiskostoilla toteutetuissa laitoksissa on hyvä huomioida, että köysien heilumisen rajoitus esimerkiksi 110 kV laitoksilla on vaikeaa jo noin 20 kA virroilla, kun putkikiskostojärjestelmissä oikosulkulujuuksiin vaikuttaa pääasiassa putkikiskostojen tukieristimien oikosulkukestoisuus, joka on yleisesti 110 kV laitoksien putkikiskostoissa noin 40 kA. (Elovaara & Haarla 2011, 116.)



Kuvio 6. Putkikiskostojärjestelmä ja päätyportaali

### Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat erikoisrakenteisia muuntajia (Kuvio 7, Kuvio 8), joita käytetään jännitteen tai virran mittauksessa. Mittamuuntajien tehtävät ovat:

- Toimia galvaanisena erottimena päävirtapiirin ja mittauspiirin välillä
- Muuntaa mitattava suure standardiarvoihin ja näin mahdollistaa standardisoitujen kojeiden käyttö
- Toimia mittareiden ylikuormitussuojina
- Mahdollistaa mittareiden ja releiden sijoittaminen toisaalle varsinaisesta mittauspaikasta, kuten esimerkiksi keskitetyn mittauksen tapauksessa

Mittamuuntajien tärkeä ominaisuus on kyky toistaa mitattu jännite tai virta mahdollisimman tarkasti niiden normaalilla mittausalueella. On huomioitava kuitenkin, että esimerkiksi tyhjäkäyntivirta tai käämityksessä esiintyvät hajaimpedanssit voivat vääristää mittausta, jolloin nämä ilmiöt voivat näkyä esimerkiksi jännite-, virta- tai kulmavirheinä. Pääsääntöisesti mittamuuntajien toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, mutta myös muihin tekniikoihin perustuvia mittausmenetelmiä on markkinoilla. (Elovaara & Haarla 2011, 198.)

Mittamuuntajat on jaettu kahteen eri luokkaan: Mittaustarkoituksiin valmistetut mittamuuntajat sekä suojaustarkoituksiin valmistetut mittamuuntajat. Erilaisen käyttötarkoituksen takia nämä kaksi erilaista muuntajatyyppeä poikkeavat muun muassa vaatimuksien sekä mitoitusosalta. (Elovaara & Haarla 2011, 199.)



Kuvio 7. Virtamuuntaja



Kuvio 8. Jännitemuuntaja

### **Kondensaattorit**

Monilla sähköasemilla on käytössä niin kutsuttuja kompensointikondensaattoreita. Näiden kondensaattorien on tarkoitus pitää verkkoyhtiön loistehotaseen valtakunnallisen verkkoyhtiön Fingridin määrittämissä rajoissa. Kondensaattorien avulla voidaan lisätä keskijänniteverkon kapasiteettia esimerkiksi tilanteissa, joissa sähköaseman 110 kV:n syöttö ei ole käytössä esimerkiksi sähköaseman päämuuntajavaurion tai 110 kV:n johtoyhteyden vaurioitumisen vuoksi. Näissä tilanteissa sähköaseman syöttö toteutetaan naapurisähköasemalta 20 kV:n keskijännitejohtoja tai kaapeleita myöten. Haja-asutusalueilla jännitteenalenema rajoittaa siirtoa, jolloin kompensointikondensaattorit voidaan kytkeä 20kV:n keskijänniteverkkoon kiinni, jolloin saadaan pienenettyä verkossa esiintyvää jännitteenalenemaa. On huomioitava, että kompensointikondensaattoreilla voidaan tehdä pieniä lisäyksiä siirtokapasiteettiin, mutta se voi riittää, jolloin mahdollista verkostoinvestointia ei tarvitse tehdä tai investointia voi ainakin siirtää eteenpäin, koska hankintahinnaltaan

kondensaattori on verrattain edullinen, jos verrataan sitä verkon uusimiseen. (Lakervi & Partanen 2009, 132.)

### **Reaktori ja tähtipistemuuntaja**

Sammutuskeloja käytetään paljon sellaisissa verkoissa, joissa on käytössä paljon maakaapelointia. Sammutuskelan tehtävänä on pienentää mahdollisessa vikatilanteessa esiintyvää maasulkuvirtaa. Sammutuskelan induktanssia säädetään säätölaitteella, joka sijaitsee fyysisesti sammutuskelan sisällä ja säätölaitetta ohjataan sähköasemalla sammutussäätäjän avulla. Sammutussäätäjä muuttaa ohjausta kulloisenkin kytkentätilanteen mukaisesti, jotta maasulkuvirta pysyy sille asetellussa kohdassa. Sähköasemilla sammutuskelat sijaitsevat muuntajakenttien yhteydessä ja ne on kytketty keskijänniteverkkoon tähtipistemuuntajan kautta, joka on edelleen kytketty keskijännitekiskoon. Hajautettuna järjestelmänä kompensointikelat voivat myös sijaita sähköaseman perässä olevien jakelumuuntamoiden yhteydessä erityisesti haja-asutusalueilla, joissa maakaapeloinnit voivat olla hyvinkin pitkiä. (Ketola & Monni 2019, 198.)

### **Päämuuntaja**

Muuntaja (Kuvio 9) on laite, joka muuntaa ja tarvittaessa säätää virtaa ja jännitettä muuntajan sisällä olevien käämien avulla. Muuntajien toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon käämien välillä. Suurten muuntajien käämit eristetään vielä nykyäänkin paperilla ja prespaanilla sekä muuntajaöljyllä. Muuntajaöljy toimii lisäksi jäähdytysaineena, koska se kuljettaa käämeissä syntyvää lämpöä muuntajan sisäosista muuntajan ulkokuoren pintaa kohti, jossa se luovuttaa lämpöä muuntajan ulkopuoliseen ilmaan. Ilmaeristeisiä, hartsieristettyjä muuntajia eli niin sanottuja kuiva-muuntajia käytetään pääasiassa jakelujännitteillä rakennusten sisätiloissa. (Elovaara & Haarla 2011, 141.). Sähköasemilla on muuntajien perustuksissa muuntaja-allas, joihin valuu muuntajan öljy mahdollisten vuotojen yhteydessä. Joskus päämuuntajien ympärille on myös betonista rakennettu suoja, joka suojaa muuntajaa sirpaleilta mahdollisissa kriisitilanteissa. (Lakervi & Partanen 2009, 121.)

Muuntajan ulkokuori valmistetaan normaalisti vahvasta ja sitkeästä teräslevystä. Muuntajien rautasydämet valmistetaan ohuista teräslevyistä, joiden ympärille tehdään käämitys. Suurtehomuuntajien käämeissä käytetään yleisesti kuparia, mutta jakelumuuntajien käämeissä käytetään myös alumiinista valmistettua käämitystä. (Elovaara & Haarla 2011, 141,142.)

Kolmivaihemuuntaja voidaan kytkeä tähteen(Y) tai kolmioon(D), mutta jakelujännitetasoilla voidaan käyttää myös hakaristikytkentää(Z). Isot kirjainlyhenteet on varattu yläjännitepuolen käämeille ja pienet kirjainlyhenteet(y,d,z) on taas käytössä alajännitepuolella. Tähtikytkennässä yhteen käämiin vaikuttaa vaihejännitteen suuruinen jännite ja kolmiokytkennässä yhteen käämiin vaikuttaa kahden vaiheen välinen jännite eli pääjännite. (Elovaara & Haarla 2011, 142.)



Kuvio 9. Päämuuntaja

## Käämikytkin

Päämuuntajan yläjännitepuolen käämin yhteydessä on koje, jota kutsutaan käämikyttimeksi. Käämikyttimeksen tehtävänä on pitää päämuuntajan alajännitepuolen jännitetaso vakioarvossa, joka voi olla esimerkiksi 20,5kV riippumatta yläjännitepuolen ja muuntajan kuormitustasosta riippumatta. Maaseudulla voidaan joskus korottaa alajännitepuolen jännitetasoa, jolla kompensoidaan verkon jännitteenalemaan kuormituksen kasvaessa. (Lakervi & Partanen 2009, 121.)

Käämikyttimeksen valitsimet sijaitsevat muuntajan sisällä öljytilassa. Valitsimen kosketinosat liikkuvat virrattomina ja käämikyttimeksen asentoa on mahdollista valvoa valvomosta käsin. Käämikyttimeksi on mahdollista ohjata myös valvomosta käsin etänä sekä paikallisesti käsiohjauksella tilanteissa, joissa käämikyttimeksen ohjausmoottori on vioittunut. Käämikyttimeksellä on suojanaan virtausta valvova rele, joka sijaitsee tehokyttimeksen öljysäiliön ja paisuntasäiliön välissä sijaitsevassa putkiosuudessa. (Ketola & Monni 2019, 128.)

## Ylijännitesuojat

Ilmastollisia ylijännitteitä vastaan päämuuntaja suojataan ylijännitesuojilla (Kuvio 19). Ylijännitesuojina voidaan käyttää sinkkioksidisuoja. Suojat ovat ilmatiiviitä ja jaettu yhteen tai kahteen lohkokoon ja aktiivisen lohkon sisällä on sinkkioksidivaristoreita eikä niissä ole kipinäväliä ollenkaan. Ylijännitesuojat on yhdistetty alaosaan aseman maadoitusverkkoon kiinni. Ylijännitesuojat on liitettävä kaikkiin kolmeen vaiheeseen ja ne on sijoitettava mahdollisimman lähelle kohdetta, jota halutaan suojata, kuitenkin enintään 10 metrin päähän. (Ketola & Monni 2019, 125.)

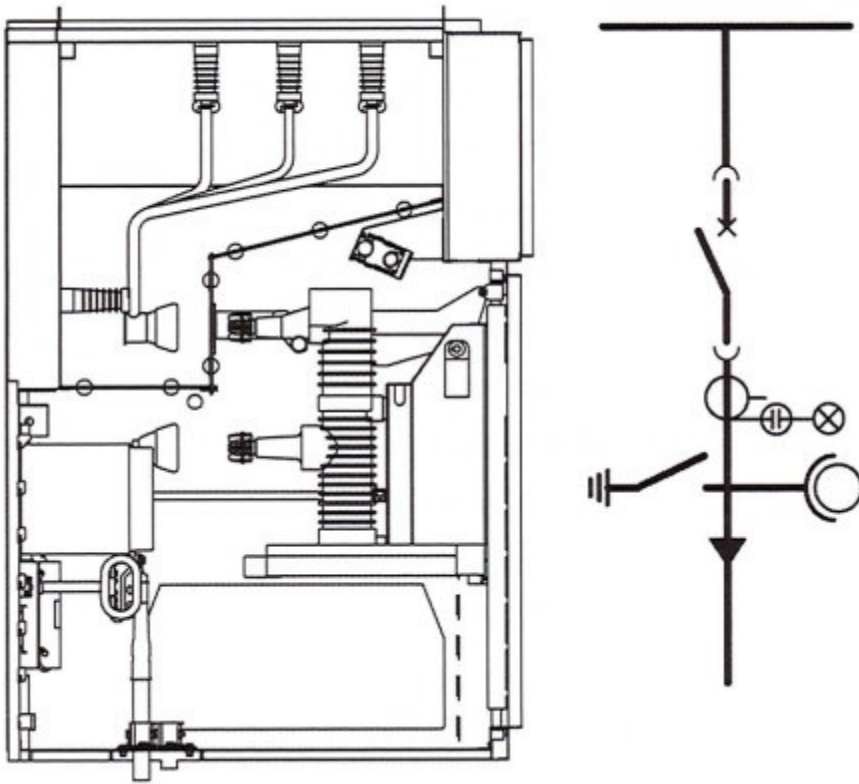


Kuvio 10. Vasemmalla tukieristin tukemassa johtoa ja oikealla ylijännitesuoja

### 3.3 Sähköasemarakennuksen laitteistot

#### Kojeisto

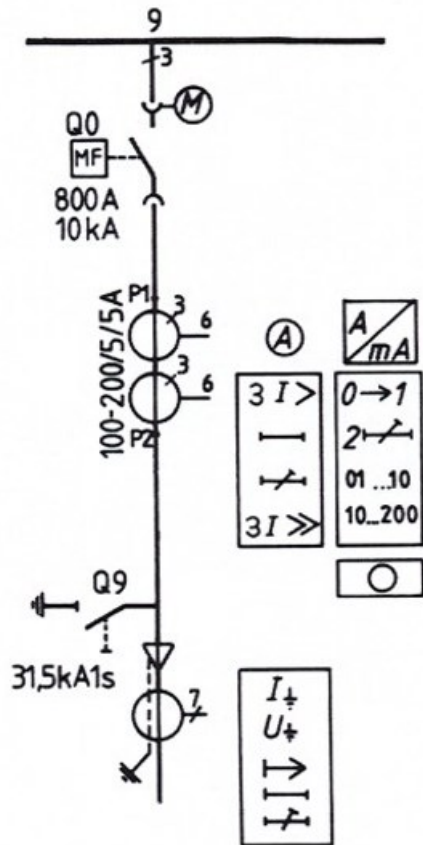
Sähköaseman 20 kV:n kojeisto koostuu kennoista (Kuvio 11, Kuvio 12, Kuvio 14, Kuvio 15) ja erilaisia kennoja ovat muun muassa omakäyttömuuntajakkeno, mittauskenno, syöttökenno, johtolähtökenno sekä kiskokatkaisijakenno. Kennot yhdistetään toisiinsa kokoojakiskostolla. Kiskoston rakenne määritellään sen mukaan, että millaisia kytkentämahdollisuuksia sähköasemalta vaaditaan. On huomioitava, että nykyisin kiskojärjestelmät ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia kuin aikaisemmin, koska sähköaseman syöttämä verkko on mahdollista syöttää myös toisilta sähköasemilta. Kuviossa 13 on kuvattu tyypillinen johtolähtökenno, jossa on kuvattu pääkaaviossa katkaisija, virtamuuntajat, maadoituserotin, kaapelivirtamuuntaja, ylivirta- ja oikosulkusuojat sekä maasulkusuojaus. (Ketola & Monni 2019, 131,132.)



Kuvio 11. Vaunukatkaisijalla varusteltu kojeisto ja sen pääkaavio (Elovaara & Haarla 2011, 126)



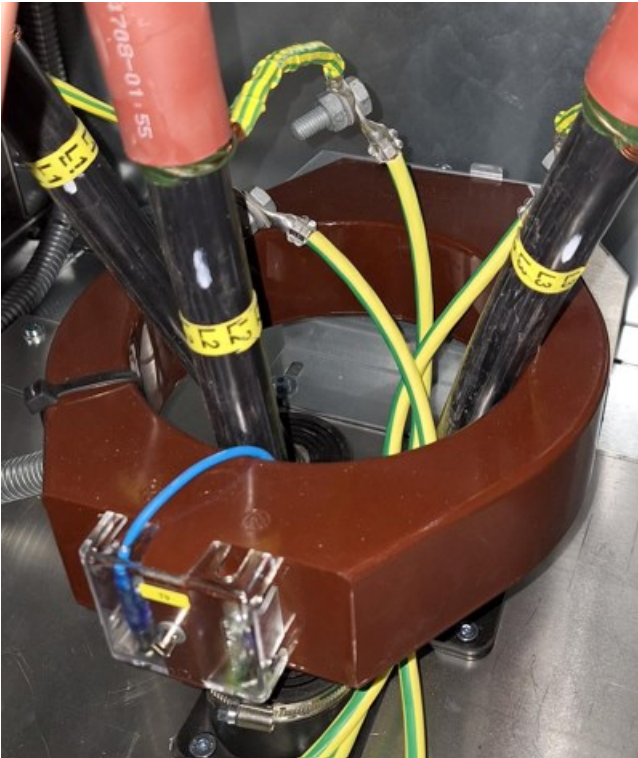
Kuvio 12. Kennoja rivissä



Kuvio 13. Johtolähtökennon kuvattuina pääkaaviossa (Ketola & Monni, 132, muokattu)



Kuvio 14. Jännitemuuntajat kennon sisällä



Kuvio 15. Kaapelivirtamuuntaja kennon sisällä

## Suojareleet

Sähköverkon laitteistoja suojaa järjestelmä, joka koostuu mittamuuntajista, katkaisijoista ja suojarleistä. Suojauksen tehtävänä on havaita erilaiset viat ja poikkeavat tilanteet verkossa, jotta erilaiset vikatilanteet voidaan selvittää tai saada sellaiset loppumaan. Suojarele on mittauksiin perustuva koje ja on osa suojarlejärrjestelmää. Suojareleet ovat yksi osa suojausjärjestelmää. (Elovaara & Haarla 2011, 335,336.)

Jos verkossa tapahtuu vikatilanne, esimerkiksi oiko- tai maasulku, on suojausjärjestelmän kyettävä erottamaan vioittunut osa muusta verkosta, jotta se ei aiheuta vaaraa eikä vikavirta tuhoa verkon tai laitteiston muita rakenteita. Suojauksen toimiessa, vikaantunut osa irtautuu muusta verkosta, jolloin muun verkon toiminta voi jatkua normaalisti. On huomioitava, että erityisesti maasulku- ja oikosulkutilanteissa vikavirrat voivat olla suuriakin, jolloin suojausjärjestelmän on toimittava hyvin nopeasti. Jos suojarlele ei ohjaa katkaisijaa auki ja erota vioittunutta osaa verkosta, niin vikavirrat voivat aiheuttaa vaaratilanteita eläimille ja ihmisille sekä tuhota laitteita tai muuta omaisuutta.

Sähköverkossa tapahtuvat vikatilanteet saattavat edelleen jatkuessaan laukaista verkossa suurihäiriötilanteita. Releiden käyttöä edellyttää myös laadulliset seikat, kuten jännitteen laatu sekä taloudelliset näkökulmat, kuten jännitekuoppien kesto aika ja johtojen palauttaminen taas käyttöön. Tilanteessa, jossa vioittunut verkon osa kytketään eroon mahdollisimman nopeasti, turvataan laajamittainen verkon käyttö vikatilanteen aikana, jolloin taloudellisetkin menetykset pienenevät. (Elovaara & Haarla 2011, 336.)

### **Kaukokäyttökeskus**

Suomessa kaukokäyttöjärjestelmien käyttäminen on eri verkkoyhtiöissä yleistä, mutta tiedon määrä ja tietojen tyypit vaihtelevat verkkoyhtiöittäin. Yleensä kaukokäyttöjärjestelmät ovat hierarkkisia rakenteeltaan eli ne voivat muodostua useasta portaasta kuten keskusvalvomo, aluevalvomo, asemat ja voimalaitokset. Tiedonsiirto toteutetaan pääsääntöisesti siten, että tiedonsiirtoa pystytään tekemään kumpaankin suuntaan. (Elovaara & Haarla 2011, 392.)

Prosessia kuvaavat tiedot saadaan yleensä päällä/pois- viesteinä (esimerkiksi onko rele laukaissut vai ei), analogisena mittaustietona tai esikäsiteltynä tietona. Edellä mainitut signaalityypit muunnetaan kaukokäyttölaitteiden elektroniikalle paremmin käsiteltävään muotoon. Tämän jälkeen tieto muunnetaan siirrettävään muotoon käytettävien protokollien mukaan ja siirretään valvomon, jonka jälkeen tiedot ovat kaukokäyttöoperaattorin käytettävissä. Tiedonsiirto ja ohjaukset toimivat samalla tavalla myös itse prosessin suuntaan. (Elovaara & Haarla 2011, 392.)

Kaukokäyttöjärjestelmät voidaan rakentaa erilaisten verkkotopologioiden mukaan, kuten piste-pisteverkko, tähtiverkko, linjaverkko, rengasverkko tai sekaverkko. Rakenteen määrittää transmisiomenetelmä esimerkiksi kaapeliyhteys tai radiolinkkiyhteys. Lisäksi rakenteen määrää kaukokäyttö pisteiden ja valvomopisteiden sijainti, tiedonsiirtoon käytettävä aika, informaation määrä, käytettävyyttä sekä myös turvallisuusvaatimukset. Pienemmissä verkkoyhtiöissä voidaan käyttää esimerkiksi tähtitopologiaa, mutta isommissa verkkoyhtiöissä käytetään esimerkiksi rengas- tai silmukatopologiaa toimintavarmemman rakenteen vuoksi mahdollisissa vikatilanteissa, koska vika paikka voidaan kiertää. (Elovaara & Haarla 2011, 392.)

Kaukokäyttöjärjestelmät toimivat pääsääntöisesti reaaliajassa ja käytännössä tämä tarkoittaa, että operaattori on jatkuvasti selvillä verkon tilasta. Reaaliaikaisuus tarkoittaa myös, että erilaisten ohjauksikäskyjen on siirryttävä luotettavalla tavalla ja nopeasti prosessissa kumpaankin suuntaan. Näiden asioiden takia on huomioitava, että tiedonsiirrolle ja kaukokäyttöjärjestelmien ohjelmille on asetettua suuria vaatimuksia toimivuudeltaan. (Elovaara & Haarla 2011, 392,393.)

### **Aseman sähköjärjestelmät**

Sähköaseman omakäyttöjärjestelmä on kytketty sähköaseman omakäyttömuuntajaan. Omakäyttömuuntaja on sijoitettu omaan kennoonsa ja liitetty tyypillisesti varokekuormanerotuksen välityksellä aseman 20 kV:n kiskostoon. Muuntajalla syötetään sähköaseman omakäyttökeskusta, joka on tyypillisesti sähköaseman valvomotiloissa sisällä. Omakäyttökeskus on rakennettu pääkaavion mukaisilla kojeilla ja laitteilla. Omakäyttökeskus on varustettu myös sen jännitettä valvovalla releellä, joka antaa hälytyksen, joka ilmoittaa esimerkiksi omakäyttöjännitteen puuttumisen. (Ketola & Monni 2019, 189.)

Pienemmillä sähköasemilla on monesti yksi ja isommilla asemilla monesti kaksi tasasähköjärjestelmää, joilla syötetään ohjaustehoa aseman ohjauspiireille. Kahden järjestelmän etuna on varmistettu syöttö, koska silloin ohjauspiirien syötöt voidaan hajauttaa. Yleisimmin sähköasemien tasasähköjärjestelmien jännitetaso on 110 V. Akut sijaitsevat yleensä sähköaseman valvomotilassa tai erillisessä akkuhuoneessa. Nykyaikaiset akustot ovat suljettu, jolloin ne eivät tarvitse erillistä huoltoa. Akkuja varataan vakiojännitevaraajilla ja niissä on omat jännite- ja virtamittauspiirit. Varaajat lähettävät hälytyksen, jos mittaus havaitsee esimerkiksi ali- tai ylijännitteen tai jos akuston sulake on palanut. (Ketola & Monni 2019, 190.)

### **Mittauskeskus ja ohjaustaulut**

Sähköasemilla on monesti mittauskeskus, jossa sijaitsevat sähkön ostomittausmittarit. Näiden mittareiden piirit on kytketty sähköaseman yläjännitepuolen mittamuuntajiin, joista mittareille tuodaan virta- ja jännitetiedot. Sähköenergian mittaamiseen tarkoitettujen mittareiden tiedot ovat kaukolukua tukevia laitteita. (Ketola & Monni 2019, 151.)

Ohjaustauluihin on sijoitettu muut sähköaseman mittaus- ja säätölaitteet. Ohjaustaulut sisältävät monesti esimerkiksi sähköaseman 110 kV:n katkaisijan ohjauslaitteet sekä suojarieleet. Sähköaseman hälytyskeskus on myös mahdollista sijoittaa ohjaustaulun sisälle. (Stauffer 2022.)

### **Kulunvalvonta- ja murto suojausjärjestelmät**

Yleisesti kiinteistöjen suojaus perustuu rakenteelliseen suojaukseen, jota on mahdollista parantaa erilaisilla sähköisillä turvajärjestelmillä, joihin kuuluu muun muassa erilaiset kulunvalvonta- ja murtohälytysjärjestelmät. Nimensä mukaisesti kulunvalvontajärjestelmä mahdollistaa ihmisten kulkemisen valvonnan kiinteistössä, mutta myös erilaisten lukitusten ja ovien tilaseurannan ja valvonnan sekä ohjauksen. Murtohälytysjärjestelmän avulla on mahdollista huomata mahdollinen luvaton tunkeutuminen ja liikkuminen alueella, jolloin järjestelmä tekee ilmoituksen luvattomasta tunkeutumisesta esimerkiksi vartiointiliikkeelle. (Sähkötieto 2023, 6.)

Turvajärjestelmien oikeanlainen toiminta vaatii järjestelmien ylläpitoa kaikilla turvallisuustasoilla ja ylläpito voidaan jakaa muun muassa seuraaviin osa-alueisiin:

- Toimintakunnon ylläpito mukaan lukien tarkastukset ja mahdollisten vikojen korjaamiset
- Turvajärjestelmien asennus siten, jotta valvotuille alueille ei jää aukkoja eli niin sanottuja ”sokeita pisteitä”.
- Kulunvalvontajärjestelmään liittyvän henkilörekisterin ja kulkuoikeuksien pitäminen jatkuvasti ajan tasalla.
- Asennukset on dokumentoitava ja niiden on oltava ajan tasaisia. Sähköisille järjestelmille on tehtävä lisäksi käyttösuunnitelma sekä kunnossapidon hallintaan liittyvä ohjelma. (Sähkötieto 2023, 8,9.)

### **Maadoitukset**

Maadoitusjärjestelmän tehtävä on mahdollistaa ennen kaikkea sähköasennuksien turvallinen ja luotettava toimintavarmuus. Maadoitusjärjestelmällä luodaan hyvin johtava yhteys maahan, jolla suojaudutaan sähköiskuilta, mutta maadoituksen tehtävä on toimia apuna myös häiriösuojausyhteydessä. Maadoitusjärjestelmän suojajohtimien yhteydessä käytetään apuna syötön automaattista poiskytkentää, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi perinteisillä sulakkeilla, johdonsuojakatkai-

sijoilla sekä vikavirtasuojilla. Jos maadoituksia käytetään samassa suojaustarkoituksissa sekä häiriösuojausjärjestelmissä niin suojauksen on oltava etusijalla. Sähköturvallisuuden kannalta maadoitusjärjestelmän tehtävä on ensisijaisesti pienentää vikatilanteessa esiintyviä kosketus- ja askeljäännitteitä. Erilaiset viat voivat liittyä itse sähköasennuksiin tai virransyöttöjärjestelmän vikoihin keski- ja suurjänniteverkko mukaan luettuna. Myös ilmastolliset ylijännitteet on huomioitava. Rakennusten maadoituselektrodin lisäksi maadoitukseen kuuluu myös potentiaalintasausjärjestelmä. Sähköturvallisuuden näkökulmasta maadoitusten tarkoitus on lisäksi estää vaarallisten potentiaalien liikkumista eri järjestelmien välillä, eliminoida kipinöiden, vuotovirtojen sekä valokaarien syntymisen edellytykset ja tehdä edellytykset vika- ja maasulkusuojauksien toiminnalle. (Ylinen 2016.)

Sähköasemien maadoitukset on suunniteltava muun suunnittelun yhteydessä ja maadoitusten tarkoitus on sähköasemaympäristössä sama kuin muuallakin. Sähköasemalla maadoitukset pienentävät kojeille aiheutuvia ylijännitteitä vikatilanteissa ja suojaavat käyttökäyttökuntaa sähkötapaturmilta. Mahdollisia ylijännitteiden lähteitä voivat olla ilmastolliset ylijännitteet kuten ukkonen ja toisaalta esimerkiksi eristinrikon syystä johtuva jännite, joka kulkee galvaanisesti väärään paikkaan. (Ketola & Monni 2019, 153.)

## **4 Sähkötekniisiä asennusvaatimuksia ja ohjeistuksia Suomessa**

### **4.1 Johdanto**

Sähköasennuksia koskee Suomessa joukko lakeja ja tärkeimpiä ovat sähköturvallisuuslaki sekä asetus sähkölaitteistoista. Lakiin perustuen Suomessa on sähköasennuksiin liittyviä standardeja, joista tärkeimpiä ovat sähköasema-asennusten kannalta SFS6000, SFS6001 sekä SFS6002. Näistä kaksi ensimmäistä ovat yleisesti tekniseen toteutukseen, suunnitteluun ja mitoituseseen kantaa ottavia standardeja ja SFS6002 on sähkötyöturvallisuuteen liittyvä standardi. Standardit ovat siis ohjeistuksia, joilla saavutetaan lain määrittelemä taso. Standardeista voi tietyin perustein poiketa, jos saavutettava turvallisuustaso asennuksessa on vähintään sama kuin standardissa.

## 4.2 Laki

Yleisesti Suomessa sähkölaitteita ja -laitteista ohjaa ”Sähköturvallisuuslaki 1135/2016”. Sähköasennuksiin itsessään laki ei ota kantaa kuin yleisellä tasolla ja asennustekniset suositukset ja määräykset on esitetty standardeissa kuten SFS6000 ja SFS6001.

Sähköturvallisuuslain 1 § sanotaan *”Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus”*. ( 1135/2016, 1 §).

*”Tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta”*. (1135/2016, 1 §).

Sähköturvallisuuslain 6 pykälä ottaa myös vahvasti kantaa sähkölaitteita ja -laitteistoja koskeviin yleisiin vaatimuksiin, joita käytännössä sovelletaan myös sähköasemilla oleviin rakenteisiin ja laitteistoihin.

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

- 1)niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2)niistä ei sähköisesti ja sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3)niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

*Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön.”* (L 1135/2016, 6 §.)

”Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 1434/2016” on sähköturvallisuuslakia täydentävä säädös, joka koskee sähköturvallisuuslain 1135/2016 luvussa 3 tarkoitettuja sähkölaitteistoja (A 1135/2016, 1 §). Asetuksessa otetaan kantaa muun muassa käyttöönottotarkastuksiin, varmenustarkastuksiin sekä määräaikaistarkastuksiin. Asetuksen liitteessä ”Sähkölaitteistojen olennaiset turvallisuusvaatimukset” on lueteltu 24 kohdan listaus turvallisuusvaatimuksista, joita rakennetta-

vien sähkölaitteistojen kohdalla on noudatettava. Asetuksessa otetaan kantaa muun muassa sähkölaitteiden yhteensopivuuteen, merkintöihin sekä ihmisten ja eläinten suojaukseen erilaisilta vammoilta.

### **4.3 SFS6000:2022**

SFS 6000 standardi koskee sähköasennuksia, joiden jännitetaso on vaihtojännitepuolella 1000 V (tehollisarvo) ja tasajännitepuolella 1500 V. Standardi on luotu siten, että sen toimintaohjeilla voidaan toteuttaa sähköturvallisuuslain (1135/2016) sekä sähkölaitteistojen sähköturvallisuutta sekä sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevien asetusten vaatimukset. (SFS6000:2022, 5.)

Standardi on pituudeltaan laaja kokonaisuus, joka on jaettu aihealueiltaan omiin osioihinsa, jotka lueteltu alla

#### **SFS 6000-1:2022 – Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät**

Osiossa esitellään yleisluontoisesti vaatimuksia ja ohjeita, joita sähkölaitteistoilta vaaditaan. Lisäksi siinä käsitellään esimerkiksi yleiset suojausvaatimukset ylivirroilta ja vikavirroilta suojautumiseen. Osiossa on esitelty kuvin erilaiset sähköverkkojärjestelmät kuten TN-järjestelmät.

#### **SFS 6000-4-41:2022 – Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskuilta**

Osiio määrittelee keskeiset vaatimukset, jotka liittyvät eläinten ja ihmisten suojaamisen sähköiskuilta. Nämä vaatimukset koskevat perussuojausta ja vikasuojauksia.

Osiossa annetaan yksityiskohtaiset ja selkeät ohjeet mahdollisine laskentakaavoineen, joiden perusteella voidaan selvittää esimerkiksi asennuksen vaatimustenmukaisuus sähköiskuilta suojautumiseen. Osiossa esitellään erilaiset suojausmenetelmät ja niiden vaatimukset kuten:

- Syötön automaattinen poiskytkentä
- kaksoiseristys tai vahvistettu eristys
- Sähköinen erotus
- Pienoisjännite: SELV ja PELV
- Lisäsuojaus

**SFS 6000-4-42:2022 – Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta**

Osio käsittelee sähköasennusten vaatimuksia eläinten, ihmisten ja omaisuuden suojelemiseksi lämpöilmiöiltä ja palamiselta. Osiossa annetaan esimerkkejä tilanteista, joissa voi tapahtua lämpenemistä tai syttymistä ja mahdollisia toimenpiteitä ja ohjeita näiden riskien pienentämiseksi. Osiossa on käsitelty myös säteilylämmittäjiä sekä valokaarisuojia.

**SFS 6000-4-43:2022 – Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus**

Osio käsittelee jännitteisten johtimien suojausmenetelmiä ylivirralla eli suojausta ylikuormituksesta ja oikosululta. Osiossa esitellään erilaisten suojalaitteiden tyypit sekä antaa ohjeita muun muassa suojalaitteiden sijoittamisesta.

**SFS 6000-4-44:2022 – Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä**

Osio antaa ohjeistuksia tilanteisiin, joissa halutaan suojautua ja vähentää mahdollisia jänniteheilahteluista aiheutuvia vahinkoja. Lisäksi osiossa kerrotaan esimerkein sähkömagneettisia häiriölähteitä sekä miten näiltä häiriöiltä on mahdollista suojautua. Osiossa on annettu esimerkiksi kuvallisin esimerkein, että miten erilaiset kaapelit tulee sijoittaa toisiinsa nähden, jolloin voidaan vähentää indusoituvia häiriöjännitteitä.

**SFS 6000-4-46:2022 – Suojausmenetelmät. Erottaminen ja kytkentä**

Osio käsittelee sähkölaitteistojen erottamiseen ja kytkentään liittyvien toimintojen vaatimuksia.

**SFS 6000-5-51:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt**

Osiossa käsitellään yleisiä asioita, jotka liittyvät erilaisten sähkökojeiden asennuksiin sekä valintakriteereihin. Tällaisia yleisluonteisia asioita ovat muun muassa ohjeet laitteiden jännitteen- ja virtakestoisuuksista sekä johtimien ja laitteiden merkitsemiset. Osiossa otetaan myös kantaa sähköteknisten dokumenttien vaatimuksiin, kuten miten niissä pitää olla esimerkiksi lueteltuna johtimien poikkipinta-alat. Liitteissä on työkaluina taulukoita, joiden avulla voi arvioida esimerkiksi sähkölaitteiden soveltuvuutta kohteeseen.

### **SFS 6000-5-52:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät**

Johtojärjestelmät- osio koskee johtojärjestelmien valintaa ja niiden asentamiseen liittyviä asioita. Osiossa annetaan hyvin seikkaperäiset ohjeet laskentakaavoineen esimerkiksi kaapelien ja johtojen sähköiseen mitoitukseen erilaisissa ympäristöissä ja millaisia asioita on otettava huomioon, jos esimerkiksi kaapelin voi vaikuttaa ulkoista voimaa tai muuta kuormitusta tai kaapeli joudutaan viemään esimerkiksi eristeen läpi. Tässä osiossa käsitellään myös palokatkojen vaatimuksia.

### **SFS 6000-5-53:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus**

Osio käsittelee erottamiseen, kytkemiseen sekä ohjaukseen käytettyjen laitteiden valintakriteereitä sekä niiden asennusteknisiä vaatimuksia. Tällaisia laitteita ovat muun muassa erilaiset vikavirtasuojat ja ylijännitesuojat. Osiossa käsitellään myös jo standardissa aikaisemmin käsiteltyjä suojalaitteita, joita käytetään sähköiskuilta suojaamiseen automaattisen poiskytkennän avulla. Suojalaitteita tulipaloja vastaan on eritelty myös tämän osion alla käsittäen muun muassa valokaa- risuojat.

### **SFS 6000-5-54:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet**

Osio antaa tarkat ohjeet erilaisten maadoitusjärjestelmien valintaan sekä niiden asentamiseen. Osiossa on esitelty tarkasti muun muassa maadoitusjohtimien, suojajohtimien sekä potentiaalintasausjohtimien mitoituksiin ja asennuksiin vaikuttavat tekijät. Osiossa käsitellään myös toiminnallista maadoitusta koskevat tekijät, jotka koskevat tietoliikennekaapelointia.

### **SFS 6000-5-55:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Muut sähkölaitteet**

Osiossa käsitellään sähkölaitteiden valintaa ja asentamista, joita ei ole käsitelty muissa tämän standardiosion osioissa. Tässä ”muut sähkölaitteet”- osiossa käsitellään muun muassa generaattorilaitteita, ohjauspiirejä sekä valaisimia ja valaistusasennuksia.

### **SFS 6000-5-56:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Turvajärjestelmät**

Osio käsittää yleiset vaatimukset erilaisille turvajärjestelmille ja sähkönsyöttöjärjestelmän valinnalle sekä asentamiselle sekä näiden teholähteille. Lisäksi osiossa esitellään seikkaperäisesti erilaisia vaatimuksia muun muassa kaapeloinnin palonkestävyydelle sekä annettu ohjeistuksia poistumisvalaistuksen suunnitteluun.

### **SFS 6000-5-57:2022 – Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Kiinteiden akustojen asennukset**

Standardin osio käsittelee vaatimuksia ja ohjeistuksia akustojen asennusten suunnittelulle, asentamiselle sekä akustojen oikeaoppiselle käytölle ja suojaukselle. Osiossa on annettu laskentaohjeita esimerkiksi akuston mitoitukselle sekä selväpiirteiset kuvat, jos akustoa käytetään esimerkiksi verkkoon liitettynä tai sitä on mahdollista käyttää myös saarekekäytössä.

SFS 6000- standardissa on laaja osio erikoistilojen ja -asennusten vaatimuksista, joista merkittävimmät, joita voidaan huomioida sähköasemiin liittyvissä asennuksissa ovat:

- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Rakennustyömaat
- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Ahtaat johtavat tilat
- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Ulkovalaistusasennukset
- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Pienoisjännitteiset valaistusjärjestelmät
- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähkökeskusten asentaminen
- Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lämmitysjärjestelmät

Lisäksi sähköasemien näkökulmasta sovellettavia osioita ovat täydentävät vaatimukset, jotka löytyvät SFS 6000 standardin loppupuolelta. Näitä täydentäviä vaatimuksia ovat muun muassa

- Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot.
- Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt
- Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen

- Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen

#### 4.4 SFS6001:2018

Standardi pitää sisällään vaatimukset, jotka koskevat nimellisjännitteeltään yli 1 kV sekä enintään 60 Hz sähkölaitteistojen suunnittelua sekä rakennustöitä (SFS 6001:2018, 12). SFS6001 standardi antaa vaatimukset maadoitusjärjestelmän suunnittelulle, asennustöihin, testauksille ja kunnossapitotöihin, jotta järjestelmä on kykenevä toimimaan kaikissa tilanteissa ja varmistaa henkilöturvallisuuden sellaisissa paikoissa, joihin henkilöllä on sallittu pääsy. Laitteilta ja laitteistoilta vaaditaan, että ne kestävät ennakoitavissa olevat sähköiset, mekaaniset, ilmastolliset ja ympäristövaikutukset. (SFS 6001:2018, 30,31.)

#### SFS6001:2018 standardi sisältää seuraavat osiot

1. Soveltamisala
2. Velvoittavat viittaukset
3. Termit ja määritelmät
4. Perusvaatimukset
5. Eristys
6. Laitteet
7. Laitteistot
8. Turvatoimenpiteet
9. Apu- ja ohjausjärjestelmät
10. Maadoitusjärjestelmien suunnittelu
11. Siirtyvien jännitteiden välttämisen edellyttämät toimenpiteet
12. Maadoitusjärjestelmien rakenne
13. Mittaukset
14. Tarkastukset ja testaukset
15. Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet
  - Liitteet (SFS 6001:2018, 7-9.)

Standardina SFS6001 on helppolukuinen ja suurjänniteasennuksia koskevat vaatimukset on esitetty selkeästi, helposti ymmärrettävässä muodossa. Lisäksi standardi sisältää paljon havainnollistavia kuvia sekä laskentataulukoita, joita pystyy käyttämään apuna suurjännitetason asennustöissä sekä sähköteknisen suunnittelun apuna.

## 4.5 SFS6002:2025

SFS 6002 on sähkötyöturvallisuusstandardi, jota sovelletaan Suomessa kaikkeen sähkölaitteistojen käyttöön ja työskentelyyn sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä sisältäen jännitealueet pienisjännitteistä suurjännitteisiin. Standardissa suurjännitteillä tarkoitetaan keski- ja suurjännitetasoja. (SFS6002:2025, 7,8.)

Standardin keskittyy ensisijaisesti sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta sähkölaitteistoihin sekä niiden kanssa työskentelyyn sisältäen muun muassa ohjeistuksia jännitetyöalueiden etäisyyksistä, erilaisista turvallisista työmenetelmistä, henkilöiden pätevyyksistä, tarkastuksista ja mittauksista. Standardi ei niinkään ota kantaa teknisiin asioihin kuten mitoitusvaatimukseen ja fyysisiin asennuksiin kuin standardit SFS6000 ja SFS6001, mutta on hyvä huomioida, että oikein tehdyt asennukset ja mitoitukset mahdollistavat turvallisen työskentelyn sähkölaitteiden kanssa, joten standardi SFS6002 on tämän takia tärkeää huomioida, kun käsitellään hyviä asennustapoja.

## 5 Koulutusmateriaalin toteutus

Opinnäytetyön perimmäinen tarkoitus oli viedä työn toimeksiantajan aikaisemmin aloittama laatu-  
projekti loppuun, joka liittyi hyviin asennustapoihin. Tässä toimeksiantajan toiveena oli, että saataisiin kokoon laadukas Powerpoint-koulutusmateriaali, jota voitaisiin käyttää vuosittain henkilöstön koulutuksissa sekä uusien asentajien perehdytyksessä.

Yrityksessä perustettiin työryhmät ja jokaiselle työryhmälle oli annettu aiheeksi oma aihealue, josta pitäisi tehdä ”Hyvät asennustavat” Powerpoint-esitys ja näitä aihealueita oli yhteensä seitsemän. Itse työstin kollegan kanssa esitystä aiheesta ”ohjaus- ja jakokaappiasennukset”. Ryhmät esittelivät omat aihealueensa maaliskuussa 2025 muille työryhmille. Ongelmana tässä oli, että työryhmien välisissä esityksissä oli eroavaisuuksia sisällön ja visuaalisen toteutuksen osalta, joka on luonnollista, kun työt on tehty toisista erillään. Toimeksiantoa luonnollisesti helpotti, että niin sanottu ”raaka-data” eli toimeksiannon materiaali oli jo valmiiksi hyvin pitkälle kerätty, joten tehtäväksi jäi näiden seitsemän esityksen visuaalinen muokkaaminen yhdenmukaiseksi, kielenhuollon tehtävät sekä esitysten aikana ja jälkeen tulleiden kehitysideoiden ja muiden lisäysten päivittäminen lopulliseen koulutusmateriaaliin.

Hyvät asennustavat ovat sellaisia, jotka toteuttavat lakien ja standardien vaatimukset. Asennukset hyvät asennukset ovat tekniseltä toteutukseltaan siistejä ulkonäöllisesti, ne toteuttavat niiden sähköiset- ja mekaaniset toimintavaatimukset ja sekä ovat ennen kaikkea turvallisia. Asennuksien teossa huomioidaan lisäksi kestäväen kehityksen kannalta tärkeitä asioita kuten ympäristö, taloudelliset näkökulmat sekä turvallisuusnäkökulmat eli huomioidaan työssä olevat riskitekijät ja tehdään toimenpiteitä niiden vähentämiseksi. Hyvä asennusjälki ja yleinen toteutus toimii yrityksen kilpailuetuna.

Tärkeänä uutena osiona luotiin Powerpoint-esityksen, jonka tehtävänä on toimia johdattavana esityksenä ja tässä käydään yleisesti läpi, että miksi on tärkeää kiinnittää huomiota asennusjälkeen työmaalla ja tässä nostetaan esille muun muassa ympäristökysymyksiä, lakiasioita, tuottavuuteen sekä yleisesti laatuun liittyviä näkökulmia. Koulutusmateriaali on rakenteeltaan sellainen, että siihen on helppo tehdä aineistopäivityksiä ja ylläpitää myöhemminkin

**Taustalla vaikuttaa muun muassa seuraavat lait, asetukset ja standardit**

Standardit ovat ohjenuorana asennuksille, jotta ne täyttävät lain määritelmät



**SFS6000: Pienjänniteasennukset**  
Käsittelee sähköasennuksia alle 1000V (AC) ja alle 1500V (DC) jännitetasoilla

**SFS6001: Suurjännitesähköasennukset**  
Käsittelee sähköasennuksia yli 1000V (AC) jännitetasoilla

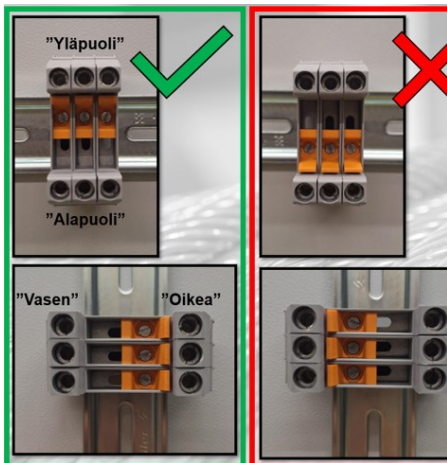
**SFS6002: Sähkötyöturvallisuus**  
Käsittelee sähkölaitteiden turvallista käyttöä tai niiden läheisyydessä työskentelyä. ***Oikein tehdyt asennukset mahdollistavat turvallisen käytön ja työskentelyn!***

1.5.2025

Kuvio 16. Esimerkki koulutusmateriaalista



Kuvio 17. Esimerkki koulutusmateriaalista



Kuvio 18. Esimerkki koulutusmateriaalista

## 6 Pohdinta

Opinnäytetyön tietoperusta rakentui sähköasemalaitteistojen sekä sähköasennuksiin liittyvien olennaisimpien lakien ja standardien ympärille. Rajaus näiden aiheiden ympärille tehtiin, koska salassa pidettävä koulutusmateriaali keskittyy hyvin pitkälle erilaisiin fyysisiin asennustoteutuksiin ja työhohjeisiin, jolloin sähkömagneettisten ilmiöiden syvälinen teoreettinen tuntemus ei ole tarpeellista vaan perustiedot riittävät sähköisten ilmiöiden luonteesta. Lisäksi materiaali toimii ensisijaisesti sähköasentajan apuna vaikkakin sähkösuunnittelija voi saada siitä vinkkejä omaan työhönsä varsinkin, jos ei ole itse fyysisesti asennuksia tehnyt.

Sähköasemat ovat monimutkainen kokonaisuus, jossa eri laiteryhmittä muodostavat keskenään yhtenäisen rakenteen, jossa jokaisella laitteella on oma tärkeä tehtävänsä. Tämän kokonaisuuden on varmistettava sähkön jakelu eri kytkentätilanteissa ja osattava erottaa vikatilanne verkosta, jotta terveet johtolähdöt pysyvät toiminnassa sekä varmistetaan henkilöturvallisuus sekä ehkäistään omaisuusvahingot kaikissa tilanteissa.

Olellisimmat lait ja standardit ovat Suomessa sähköturvallisuuslaki 1135/2016 sekä Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 1434/2016, jotka liittyvät suoraan sähköasennuksiin. Lisäksi kaksi oleellista standardia pien- ja suurjänniteasennuksiin liittyen ovat SFS6000 ja SFS6001, jotka antavat sellaiset ohjeet asennuksiin, jotta lain määrittelevät edellytykset täyttyvät. Lisäksi opinnäytetyössä tuotiin esiin SFS6002 standardi, mutta opinnäytetyön painopiste oli asennusten teknisessä toteutuksessa, joten siksi standardi jäi vähemmälle käsittelylle. On kuitenkin hyvä huomioida, että oikein tehty ja siisti asennus on monesti turvallisempi kuin huono asennus, joten tärkeää kuitenkin nostaa standardi esille. Tärkeää lisäksi on ymmärtää, että sähköasemaurakointia tehdään usein normaalisti toimivien sähköasemalaitteistojen yhteydessä, joten käytännössä esimerkiksi työskentelyetäisyyksiin ja mahdollisesti jännitteellisiin johtimiin on kiinnitettävä huomiota asennustöiden yhteydessä. Turvalliset asennusmenetelmät sähköasemilla ansaitsisi oman opinnäytetyönsä aiheen tärkeyden vuoksi.

Opinnäytetyön tietoperusta onnistui pääasiallisesti hyvin ja oleellisimmat sähköaseman rakenteet on esitelty, mutta opinnäytetyön luonteen vuoksi rajauksia osioiden pituuteen oli tehtävä. Laki- ja standardiesittelyt olivat osittain hiukan haasteellisia, koska esimerkiksi SFS6000 on noin 700 sivua pitkä kirja ja tärkeää asiaa on ympäri kirjaa. Tässä standardin esittelyn lähestymistavaksi otettiin sisällysluettelo, jonka perusteella esittely tehtiin, jolloin lukijalle jää mielikuva, että mitä missäkin osiossa käsitellään. Standardin esittely perustui kirjoittajan omiin havaintoihin ja kokemuksiin.

Toimeksiantajalle jäävä koulutusmateriaali onnistui hyvin ja toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen eli materiaali oli sellainen kuin oli suunniteltu. Lisäpanostuksena tehty ”Johdanto hyviin asennustapoihin”- materiaali toimii hyvänä herättelevänä Powerpoint-esityksenä aiheen pariin. Opinnäytetyön tietoperusta sekä luotu koulutusmateriaali luovat hyvät eväät aloittelevalle sekä jo kokeneemmalle sähköasentajalle, kun asennuksia tehdään sähköasemaympäristössä. Koulutusma-

ateriaali jää sellaiseen muotoon, että sitä on helppo päivittää myös tulevaisuudessa jatkuvan parantamisen nimissä ja sen pohjalta on mahdollista tehdä vastaa koulutusmateriaali myös muihin sähköasennuskohteisiin. Opinnäytetyötä tehdessä oma ymmärrys lisääntyi huomattavasti sähköasemarakentamisen eri työvaiheista ja menetelmistä. Kehitystyö tulee jatkumaan myös opinnäytetyön jälkeen ja tulen jatkamaan ”Sähköasemien hyvät asennustavat” - koulutusmateriaalin kehitystyössä ja päivityksessä myös tulevaisuudessa mukana: työntekijät saavat lähettää myös tämän opinnäytetyön valmistuttua materiaalia ja kuvia sähköasemien asennuksista. Työ ei jää siis tähän.

## Lähteet

A 1434/2016. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista. Viitattu 5.4.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2016/1434>.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II. Helsinki: Otatieto.

Enerke Oy. N.d. Enerke Oy:n kotisivut. Viitattu 19.5.2025. [www.enerke.fi](http://www.enerke.fi).

L 1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. Viitattu 5.4.2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2016/1135>.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudeamus.

Ketola, J & Monni, M. 2019. Jakelumuuntamotyöt Sähköasematyöt. Helsinki: Adato Energia.

Schneider Electric. N.d. What is Electrical Busbar? Types, Advantages, Disadvantages. Artikkelin Schneider Electricin sivustolla. Viitattu 20.5.2025. [https://eshop.se.com/in/blog/post/what-is-electrical-busbar-types-advantages-disadvantages.html?srsId=AfmBOoq-HHIRGw96NnvV6MZAK7UcwXOXjwHX2iOEDHH\\_r8BOz6TQ2oOZn](https://eshop.se.com/in/blog/post/what-is-electrical-busbar-types-advantages-disadvantages.html?srsId=AfmBOoq-HHIRGw96NnvV6MZAK7UcwXOXjwHX2iOEDHH_r8BOz6TQ2oOZn)

SFS 6000:2022. Pienjänniteasennukset. SFS-käsikirja 600-1:2022. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS 6001:2018. Suurjänniteasennukset ja ilmajohtot. SFS-käsikirja 601:2028. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SFS 6002:2025. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Viitattu 1.5.2025. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Stauffer, R. 2022. 110/20 kV sähköaseman kustannustehokas rakentaminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto, Sähkötekniikan DI-ohjelma. Viitattu 18.5.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/140150/StaufferRonja.pdf?sequence=4>

Sähkötieto ry. 2023. ST-käsikirja 21. Kulunvalvonta- ja murtoilmaisujärjestelmät. Espoo: Sähköinfo.

Ylinen, T. 2016. Maadoitusopas. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL.