

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HAAPANIEMEN VOIMALAITOKSEN MAADOITUSJÄRJESTELMÄN KAR- TOITUS

TEKIJÄ Valtteri Saloniemi

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Valtteri Saloniemi	
Työn nimi Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusjärjestelmän kartoitus	
Päiväys 11.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 37/8
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Energia Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä suoritettiin Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusjärjestelmän kartoitus. Kartoituksen tavoitteena oli selvittää voimalaitoksen maadoitusjärjestelmään ja sen dokumentointiin kohdistuvia epäiltyjä puutteita, luoda laitosalueen maadoituksista yhtenäinen kaavio sekä suunnitella järjestelmälle kunnossapito-ohjelma.</p> <p>Teoriaosuudessa käytiin läpi maadoituksen käsitteitä, jakelujärjestelmiä ja maadoituksista muodostuviin järjestelmiin yleisesti. Lisäksi käsiteltiin teollisuuden vaatimuksia maadoitusjärjestelmille, laajan maadoitusjärjestelmän määritelmää sekä maadoitusten kunnossapitoa että kunnossapidon vastuuta.</p> <p>Kartoituksessa suoritettiin selvitystyö laitosalueen maadoitusten dokumentaation ja asennusten kunnosta sekä laajan maadoitusjärjestelmän toteutumisesta. Selvitystyön havaintojen pohjalta suunniteltiin useita parannuksia voimalaitoksen maadoitusjärjestelmän dokumentaatioon ja pyrittiin helpottamaan niiden saatavuutta. Maadoitusjärjestelmän yhteyksien parantamista ja puutteiden korjaamista varten luotiin korjaus- ja toimenpideehdotuksia.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena voimalaitoksen maadoitusjärjestelmästä päivitettiin ja luotiin useita uusia kuvia ja luetteloita sekä luotiin kuva laitosalueen maadoituskiskojen välisistä yhteyksistä. Dokumentoinnin saatavuutta helpotettiin ja selvitystyön havainnoista tuotettiin työraportti korjaus- ja jatkotoimenpide-ehdotuksineen, mutta kunnossapito-ohjelman suunnittelu supistui työn aikana työraporttiin sisältyneeseen kunnossapito-ohjeistukseen. Lisäksi laajan maadoitusjärjestelmän voitiin todeta toteutuvan voimalaitoksella muutamien poikkeuksin.</p>	
Avainsanat Maadoitus, voimalaitos	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Valtteri Saloniemi	
Title of Thesis Survey of Earthing System in Haapaniemi Power Plant	
Date 11 May 2023	Pages/Appendices 37/8
Client Organisation /Partners Kuopion Energia Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to conduct a survey of the earthing system of the Haapaniemi power plant. The aim of the survey was to identify flaws or deficiencies in the power plant's earthing system and its documentation, to create a comprehensive diagram of the power plant's earthing systems, and to plan a maintenance program for the system.</p> <p>For the theoretical part of the thesis, the general concepts of grounding, distribution systems, and earthing systems were studied. Additionally, the thesis addressed the requirements set for earthing systems by industry, the definition of a global earthing system, as well as the maintenance of earthing systems and the responsibilities of maintenance for electrical installations. The survey investigated the condition of the documentation and installations of the earthing system within the power plant's area, as well as the fulfillment of the conditions to consider the power plant's earthing system as a global earthing system. Several improvements were made for the documentation of the earthing systems and for the accessibility of said documentation based on the results of the survey. Recommendations for repairs and corrective actions were also suggested to improve the earthing system and address any flaws or deficiencies encountered.</p> <p>As a result of the thesis, the existing documentation of the Haapaniemi power plant's earthing systems was updated and several new diagrams and charts were created. Additionally, a diagram of the connections among the earthing bars in the power plant area was created. The accessibility of the documentation was improved, and a report including recommendations for repairs and further actions was produced based on the results of the survey. During the survey, the planning of the maintenance program was streamlined into maintenance guidelines that were included in the report. It was also concluded that the earthing system of the Haapaniemi power plant could be considered to be a part of global earthing system with only a few exceptions.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Earthing, power plant</p>	

ESIPUHE

Haluaisin kiittää Kuopion Energiaa ja Veikko Lappalaista opinnäytetyön aiheesta sekä mahdollisuudesta työskennellä Haapaniemen voimalaitoksen kunnossapidon parissa. Suuret kiitokset myös Jani Moilaselle sekä koko sähköautomaatiokorjaamon porukalle avusta, neuvoista ja mielekkästä työilmapiiristä harjoittelun ja opinnäytetyön aikana.

Kuopiossa 11.5.2023

Valtteri Saloniemi

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	MAADOITUS	9
2.1	Maadoitusjännite	9
2.2	Maadoitusjärjestelmän rakenne.....	11
2.3	Jakelujärjestelmät	12
2.4	Laaja maadoitusjärjestelmä	14
2.5	Teollisuuden maadoitukset	15
2.6	Maadoitusten kunnossapito	16
2.7	Kunnossapidon vastuu voimalaitoksilla	17
3	HAAPANIEMEN VOIMALAITOS	18
3.1	Haapaniemen voimalaitoksen maadoitukset	19
4	MAADOITUSTEN KARTOITUS	20
4.1	Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusten dokumentointi.....	21
4.2	Laajan maadoitusjärjestelmän toteutuminen.....	22
4.3	Maadoitusjärjestelmän kunnossapito ja tarkastukset	22
5	YHTEENVETO JA POHDINTA	24
	LÄHTEET	26
	LIITE 1: TYÖRAPORTIN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	27
	LIITE 2: PÄIVITETTY PÄÄMAADOITUSKAAVIO	30
	LIITE 3: PÄIVITETTY KISKOKOHTAINEN KUVA (KPA 3)	31
	LIITE 4: KISKOKOHTAINEN KUVA (KL-AKKU).....	32
	LIITE 5: KISKOKOHTAINEN KUVA (HP2).....	33
	LIITE 6: KISKOKOHTAINEN KUVA (HP2 RELETILA)	34
	LIITE 7: MAADOITUSKISKOJEN VÄLISET YHTEYDET	35
	LIITE 8: MAADOITUSKISKOLUETTELO	36

KUVALUETTELO

KUVA 1. Esimerkki maan potentiaaliprofiilista ja jännitteistä, kun maadoituselektrodissa kulkee virta (SFS 6001, 2018, 23).....	9
KUVA 2. Sallittu kosketusjännite U_T (SFS 6001, 2018, 93).....	10
KUVA 3. TN-C-S-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon).	12
KUVA 4. IT-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon).....	13
KUVA 5. TT-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon).....	13
KUVA 6. Haapaniemen voimalaitosalue (Kuopion Energia 2022).....	18
KUVA 7. Johdinpäätteiden epämääräiset merkinnät maadoituskiskossa (Saloniemi 2023).....	20
KUVA 8. Esimerkki selkeästi merkityistä kaapelikilvistä (Saloniemi 2023).....	23

LYHENTEET JA KÄSITTEET

CHP	Combined heat and power. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto
HP1/2/3	Haapaniemen voimalaitosyksikkö 1/2/3
KJ	Keskijännite
KPA	Kippipurkualue eli polttoaineen vastaanottoalue
LMK, EB	Lisämaadoituskisko
LPT, LPK	Lisäpotentiaalintasauskisko
PMK, MEB	Päämaadoituskisko
SFS 6000	Pienjännitesähköasennusten standardi
SFS 6001	Suurjännitesähköasennusten standardi
U_E	Maadoitusjännite
U_S	Askeljännite
U_{TP}	Kosketusjännite

1 JOHDANTO

Kuopion Energia on Kuopion kaupungin omistama, vuonna 1906 perustettu energian tuotantoon ja jakeluun keskittyvä konserni, jonka toimintaan kuuluvat energian tuotanto, jakelu ja kaukolämpö- sekä kaukojäähdytys Kuopion seudulla.

Konserni muodostuu Kuopion Energia Oy:stä ja Kuopion Sähköverkko Oy:stä ja sen palveluksessa on 128 henkilöä. Koko konsernin liikevaihto vuonna 2021 oli noin 112,4 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa oli noin 30,7 miljoonaa euroa. Kuopion Sähköverkko Oy vastaa toiminnallaan noin 60 000 asiakkaan sähköverkkotoiminnasta jakelualueellaan.

Kuopion Energialla on Kuopion Haapaniemessä lämpövoimalaitos, joka koostuu kahdesta aktiivisesta voimalaitosyksiköstä, polttoaineen vastaanottoalueesta ja Kumpusaaren polttoaineterminaalista (Kuopion Energia 2022).

Opinnäytetyön tavoitteena on suorittaa Kuopion Energian Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusjärjestelmälle perusteellinen kartoitus, sillä ajan saatossa uusien ja vanhojen projektien myötä järjestelmä on paisunut niin sanotuksi tilkkutäkiksi, ja maadoitusten dokumentaation on epäilty jääneen puutteelliseksi tai olevan vanhentunutta. Voimalaitoksen perusteellinen kartoitus on useammista laitosalueen osien selvityksestä koostuva projekti, jossa lopullisena tavoitteena on maadoitusjärjestelmän eheyden, toteutumisen ja korjattavien puutteiden selvittämisen lisäksi päivittää laitoksen maadoitusten vanhentunut ja puuttuva dokumentaatio ajan tasalle, luoda maadoituksista yhtenäinen kaavio ja suunnitella maadoituksille kunnossapito-ohjelma.

Kartoituksen suorittaminen vaatii paljon selvitystyötä dokumentoinnin ja fyysisten asennusten kartoituksen sekä niiden rajapintoja vertailevan tarkastelun osalta, ja sen pohjalta saatavia tuloksia ja huomioita on dokumentoitava. Selvitystyön pohjalta suunnitellaan tarvittavia muutoksia laitoksen nykyiseen dokumentointiin sekä paikataan työn aikana havaittuja puutteita.

Maadoitukset ovat sähköisten järjestelmien kannalta tärkeä osa, joilla suojataan sekä laitteiston käytön luotettava toiminnallisuus että turvallisuus. Opinnäytetyössä perehdytään maadoituksen käsitteisiin, jakelujärjestelmiin ja maadoituksista muodostuviin järjestelmiin yleisellä tasolla. Lisäksi käsitellään teollisuuden asettamia vaatimuksia maadoitusjärjestelmille, laajan maadoitusjärjestelmän määrittämää sekä maadoitusten kunnossapitoa ja kunnossapidon vastuuta.

2 MAADOITUS

Maadoittamisella tarkoitetaan sitä, kun jonkin asennuksen, laitteen tai järjestelmän ja paikallisen maan välillä muodostetaan sähköinen liitäntä. Liitäntä maahan voi olla tarkoituksellinen tai tahaton, ja se voi olla joko pysyvä tai tilapäinen. (Maadoituskirja 2019, 14.)

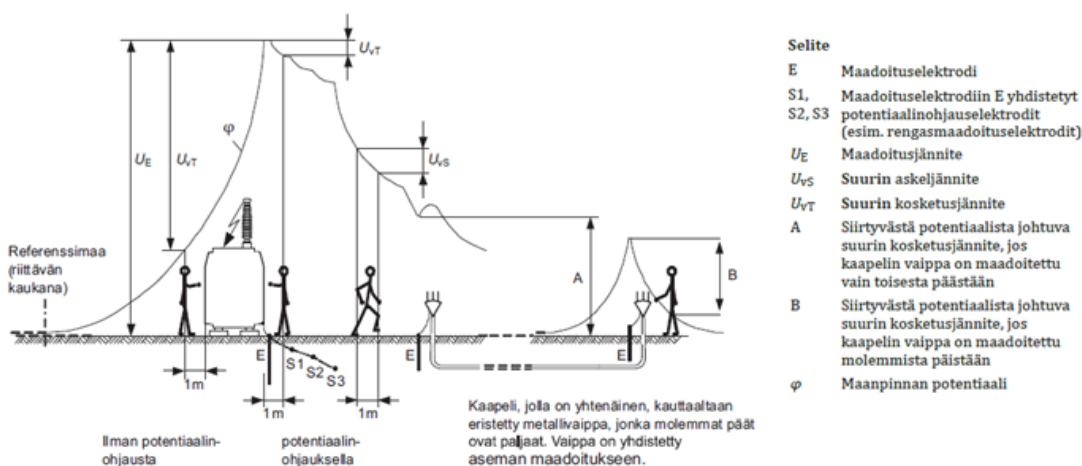
Maadoitusten perimmäisenä tehtävänä on mahdollistaa sähköasennusten turvallinen ja luotettava toiminta. Maadoituksen avulla maahan muodostetaan johtava yhteys, jota käytetään sekä sähköiskulta suojaamiseen että häiriösuojaukseen. Suojaaminen sähköiskulta toteutetaan maadoitukseen liittyvin suojaohjaimin käyttäessä syötön automaattista poiskytkentää. Kun maadoituksia käytetään sekä suojaukseen että häiriöiden välttämiseen, tulee suojauksen olla aina etusijalla. (ST 53.21, 2018, 4.)

Maadoitukset voidaan karkeasti jakaa suojamaadoituksiin ja toiminnallisiin maadoituksiin. Suojamaadoituksella viitataan sähköiskulta suojaamiseen ja se voi olla erillään tai yhdistettynä toiminnalliseen maadoitukseen. Toiminnallisen maadoituksen tarkoituksena on muu syy kuin sähköiskulta suojaaminen, mikä liittyy usein laitteiden tai järjestelmien häiriösuojaukseen. (Maadoituskirja 2019, 17.)

Maadoitusta ei kuitenkaan tule sekoittaa potentiaalintasaukseen, jolla tarkoitetaan jännitteelle alttiiden osien välistä sähköistä liitintä, jonka tarkoitus on saavuttaa tasapotentiaali osien välille. Potentiaalintasaus vaaditaan kaikissa rakennuksissa ja se voi myös olla maadoitettu, jolloin se on osa maadoitusjärjestelmää. (Maadoituskirja 2019, 21.)

2.1 Maadoitusjännite

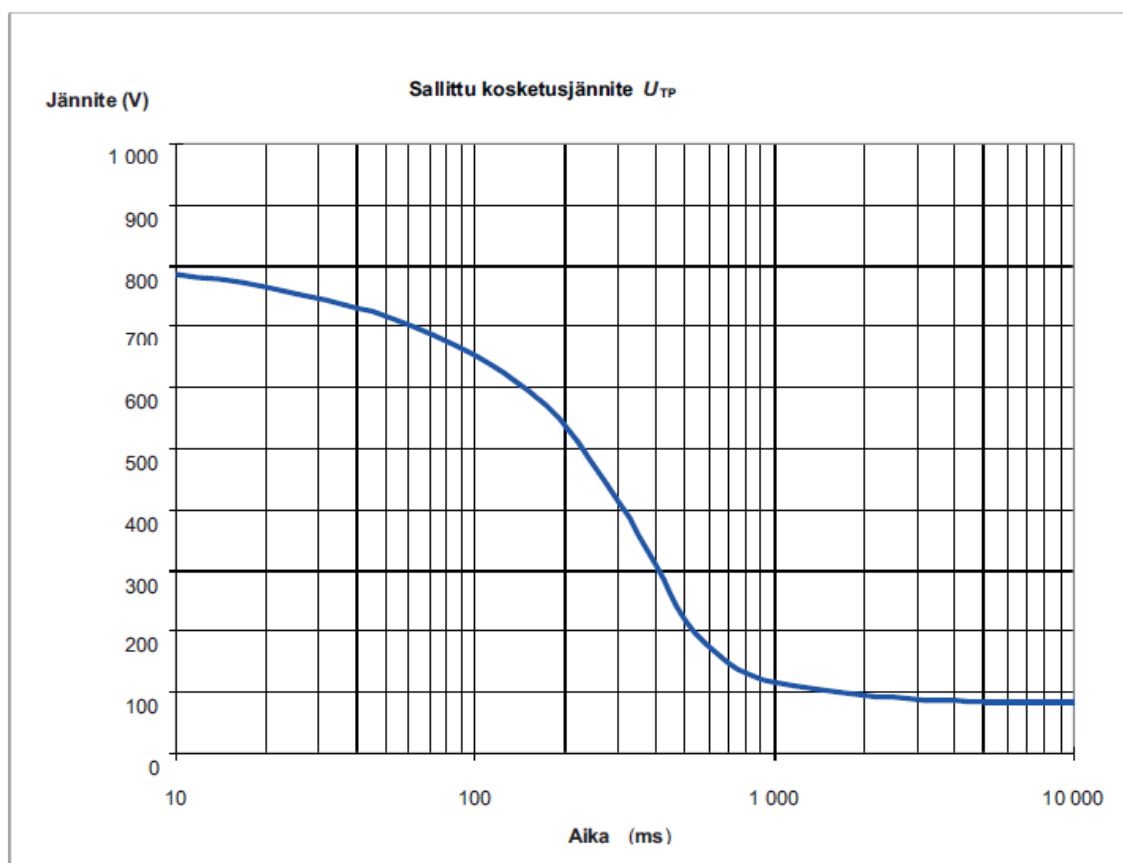
Maadoitusjännitteellä U_E tarkoitetaan maadoitusjärjestelmän ja referenssimaan välistä jännitettä. Maadoitusjännitteitä käsitellessä puhutaan kuitenkin usein kosketus- ja askeljännitteestä. Kosketusjännitteellä U_{TP} tarkoitetaan järjestelmän tai asennuksen samanaikaisesti kosketeltavissa olevien johtavien osien välistä jännitettä, kun taas askeljännitteellä U_S tarkoitetaan kahden toisistaan yhden metrin etäisyydellä olevan maanpinnan pisteen välistä jännitettä (kuva 1). (SFS 6001, 2018, 19.)



KUVA 1. Esimerkki maan potentiaaliprofiilista ja jännitteistä, kun maadoituselektrodissa kulkee virta (SFS 6001, 2018, 23).

Standardissa SFS 6001 esitetään suurjännitesähköasennusten maadoitusjärjestelmille henkilöiden turvallisuuden kannalta suurimpia sallittuja maadoitusjännitteen arvoja. Maadoitusjärjestelmän mitoituksessa tulisi käyttää standardissa esitettyä käyrää (kuva 2). Yleissääntö on, että jos täytetään kosketusjännitteelle annetut vaatimukset, täytetään myös askeljännitteelle annetut vaatimukset, sillä askeljännitteiden sallitut raja-arvot ovat paljon suurempia kosketusjännitteisiin nähden johtuen kehon läpi muodostuvan virtatien erilaisuudesta. (SFS 6001, 2018, 87–88.)

Sallittujen arvojen voidaan katsoa toteutuvan, jos asennus on osa laajaa maadoitusjärjestelmää tai arvot eivät mitattuina tai laskennallisesti määritettyinä ole suuremmat kuin standardin mukainen sallittu kosketusjännitteen arvo kaksinkertaisena. (SFS 6001, 2018, 91.)



KUVA 2. Sallittu kosketusjännite U_{TP} (SFS 6001, 2018, 93).

2.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne

Maadoitusjärjestelmän rakenteeseen vaikuttavat useat seikat, joilla on merkitystä rakenteen suunnittelun kannalta. Tämän vuoksi maadoitusjärjestelmille ei ole olemassa yhtä ainoaa patenttiratkaisua, vaan uuden järjestelmän rakenteen suunnittelu vaatii aina perustietoja ja tapauskohtaista harkintaa. Maadoitusjärjestelmän suunnitteluun voivat vaikuttaa esimerkiksi:

- turvallisuusvaatimukset
- sähköjärjestelmän maadoitustapa (TN-, TT- tai IT-järjestelmä)
- suurjänniteasennusten vaikutukset pienjänniteasennuksiin, kun käytetään yhteistä maadoitusta
- rakennuksen käyttötarkoitus
- kohteessa tarvittavat erilaiset maadoitusjärjestelmät (esimerkiksi salamasuojaus tai tietoliikennejärjestelmien maadoitukset)
- rakennuksen mekaaninen rakenne
- kustannusarviot. (Maadoituskirja 2019, 31.)

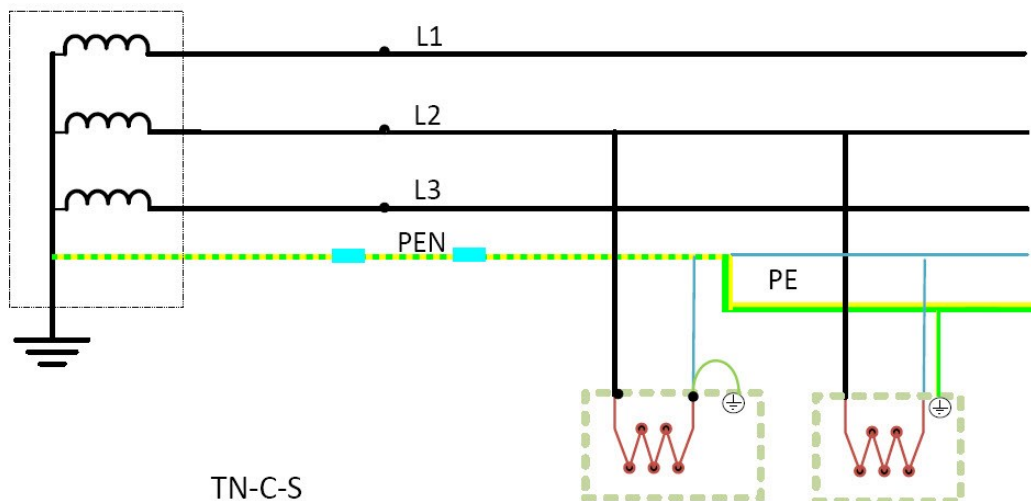
Tyypillinen maadoitusjärjestelmä koostuu maadoituselektrodista, joka liitetään maadoitusjohtimella päämaadoituskiskoon (SFS 6000-5-54, 2022, 8). Ensisijaisena maadoituselektrodina käytetään usein perusmaadoituselektrodia, jolla tarkoitetaan suljetun renkaan muotoista johtavaa osaa, joka upotetaan rakennuksen perustusten alle tai perustuksen betoniin (Maadoituskirja 2019, 15–16). Päämaadoituskisko toimii järjestelmän maadoitusten ja potentiaalintasauksen koontipisteenä ja siihen liitetään järjestelmän suojaavat potentiaalintasausjohtimet, maadoitusjohtimet, suojajohtimet ja mahdolliset toiminnalliset johtimet. Huomioitavaa on, että jokaista suojajohdinta ei tarvitse liittää päämaadoituskiskoon, jos ne liittyvät kiskoon muiden suojajohdinten välityksellä. (SFS 6000-5-54, 2022, 11; ST 53.21, 2018, 4.) Suojaustarkoitukseen käytettyjen eristettyjen johtimien väri on aina kelta-vihreä. Jos asennukselle ei aiheudu siitä korroosio-ongelmia, voidaan käyttää myös paljaita johtimia. Toiminnalliseen maadoitukseen käytetyt johtimet, jotka eivät täytä suojajohtimen vaatimuksia, eivät saa olla tunnusväriltään kelta-vihreitä. Tällöin on käytettävä mustaa johdinta, jonka molemmat päät merkitään vaaleanpunaisin tunnusmerkein. (Maadoituskirja 2019, 75; ST 53.21, 2018, 9.)

SFS 6000 asettaa vaatimuksen, että jokaisessa rakennuksessa on toteutettava potentiaalintasaus päämaadoituskiskoon rakennuksen sisään tuleville metalliosille, jotka voivat tuoda asennukseen vaarallisen potentiaalieron eivätkä ole sähköasennuksen osia. Näitä metalliosia voivat olla rakennukseen tulevat putket, kuten vesi-, kaas- ja kaukolämpöputket, muut johtavat rakenteiden osat tai koskettavissa olevat betonirakenteiden rakenneteräkset. (SFS 6000-4-41, 2022, 8.)

2.3 Jakelujärjestelmät

Suomessa käytetään pääsääntöisesti TN-jakelujärjestelmiä. TN-järjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin:

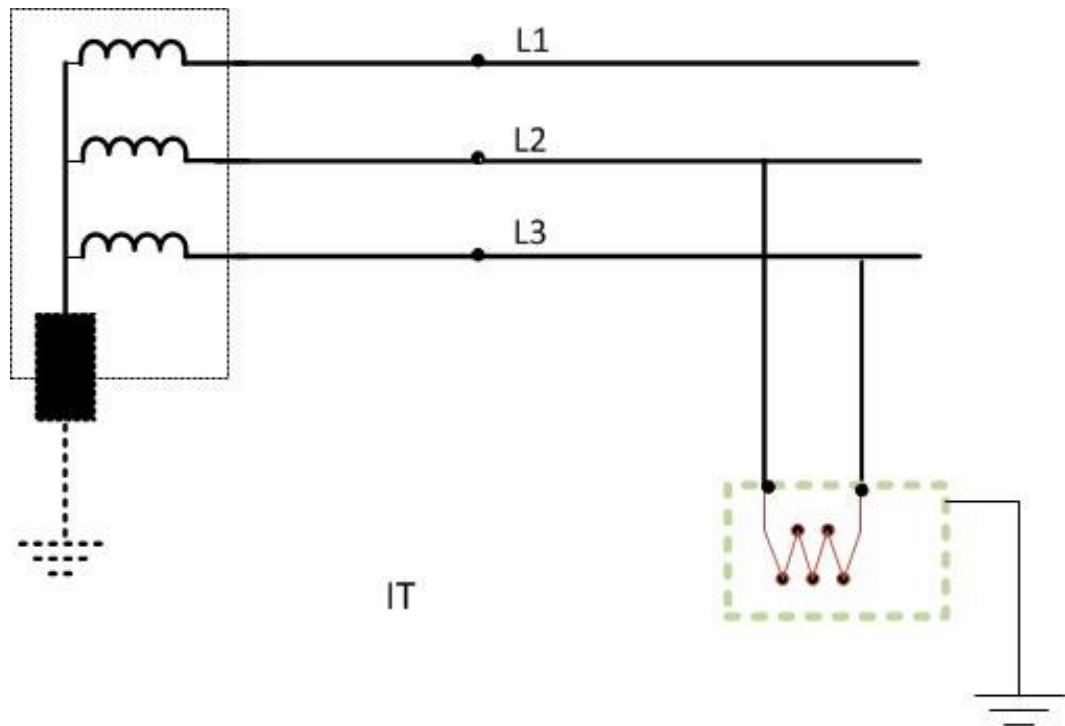
- TN-C-järjestelmä, jossa on yhdistetty suojamaadoitus- ja nollajohdin
- TN-S-järjestelmä, jossa on erillinen suojamaadoitus- ja nollajohdin
- TN-C-S-järjestelmä, jossa suojamaadoitus- ja nollajohdin on yhdistetty osassa järjestelmää (aina syöttävän verkon puolella) (kuva 3). (Maadoituskirja 2019, 32; Korpinen 1998.)



KUVA 3. TN-C-S-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon).

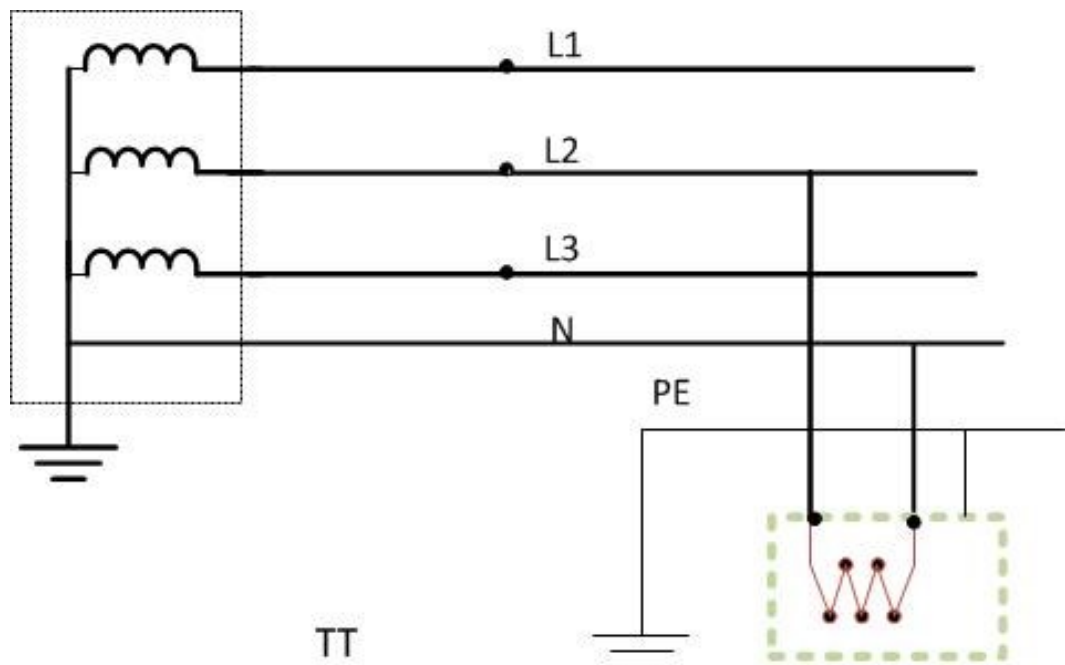
TN-järjestelmissä tähtipiste maadoitetaan muuntajan tai generaattorin luona ja järjestelmän jännitteelle alltiit osat yhdistetään suojamaadoitusjohtimilla päämaadoituskiskoon, joka voidaan yhdistää suoraan muuntajan tai generaattorin tähtipisteeseen. Vaihtoehtoisesti maadoitus voidaan yhdistää muuntajaa tai generaattoria lähellä olevaan pääkeskukseen. (Maadoituskirja 2019, 33.)

IT-järjestelmien (kuva 4) periaatteet ovat pitkälti samat, mutta tähtipistettä ei yhdistetä suoraan maahan (maasta erotettu järjestelmä) tai yhdistetään suuren impedanssin kautta (sammuutettu verkko), minkä lisäksi järjestelmässä käytetään eristystilan valvontaa. (Maadoituskirja 2019, 33; DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 4. IT-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon)

TT-järjestelmässä (kuva 5) järjestelmän jännitteelle alltiita osia ei yhdistetä tähtipisteeseen, vaan osat ovat yhdistetty suoraan paikalliseen maahan. TT-järjestelmä ei ole Suomessa käytössä. (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 5. TT-Järjestelmä (DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon)

2.4 Laaja maadoitusjärjestelmä

Laaja maadoitusjärjestelmä on laaja yhteen liitettyjen maadoitusten kokonaisuus, jonka alueella ei esiinny lainkaan tai esiintyy vain vähäisiä potentiaalieroja. SFS 6001 ei sisällä tarkkaa määritelmää laajalle maadoitusjärjestelmälle, mutta kertoo, että pieni kokonaisresistanssi ja pienet vikavirrat ovat eduksi ja vikavirta jakautuu siten, että maapotentiaalinen nousu pysyy kohtuullisena. (Verkostosuositus RJ 22:22, 2022, 27–28; SFS 6001, 2018, 134.)

Uusia muuntopiirejä laajaan maadoitusjärjestelmään liittäessä muuntopiirin maadoitusimpedanssia ei tarvitse mitata. On kuitenkin oltava varma siitä, että laajaan maadoitusjärjestelmään liittyminen tapahtuu luotettavasti usean yhteyden kautta. Laajan maadoitusjärjestelmän syntymisestä tai siihen liittymisestä tulisi laatia kaavio, jotta sen toteutuminen voidaan tarvittaessa osoittaa. (Verkostosuositus RJ 19:16, 2016, 6–7.)

Laajan maadoitusjärjestelmän maadoituksia voivat olla sähköasemien, muuntamoiden, pienjänniteverkon ja liittymien maadoitukset. Maadoitusten yhdistysjohtimina voivat toimia suurjännitekaapeleiden vaipat ja keskusköydet, pienjänniteverkon PEN-johtimet, muuntamoita yhdistävät maadoitusjohtimet ja elektrodit sekä tarvittaessa myös keskijännite-ilmajohdon pylväisiin rakennetut maadoitusjohtimet. (Verkostosuositus RJ 19:16, 2016, 6.)

Standardi SFS 6001 (SFS 6001, 2018, 134) esittää esimerkkejä tyypillisistä laajoista maadoitusjärjestelmistä seuraavasti:

- sähköasemaa ympäröivät perustusmaadoituselektrodilla varustetut rakennukset, joiden maadoitusjärjestelmät on keskenään yhdistetty esim. kaapelivaippojen tai pienjännitejärjestelmän maadoitusten välityksellä
- sähköasema syöttää kaupungin keskustaa tai muuta tiheästi rakennettua aluetta
- sähköasema syöttää esikaupunkialuetta, jossa on laajalti pienjännitejärjestelmän maadoitusten välityksellä toisiinsa yhdistettyjä maadoituselektrodeja
- sähköasema, jonka läheisyydessä sijaitsee tietty lukumäärä muita sähköasemia
- sähköasema, josta lähtee ulos tietty lukumäärä pitkiä maadoituselektrodeja
- sähköasema, jonka liittymät on tehty maadoitusvaikutusta omaavilla kaapeleilla
- sähköasema syöttää laajaa teollisuusaluetta
- sähköasemat ovat osa järjestelmää, jossa suurjänniteverkon neutraalijohdin on useasta pisteestä maadoitettu.

Laajasta maadoitusjärjestelmästä tulisi aina olla käytettävissä dokumentaatio, josta on todettavissa perusteet sen käytöstä mukaan lukien järjestelmään liittyvät sähköasemat, jakelumuuntamot ja niiden väliset maadoitusten yhdistämiset (SFS 6001, 2018, 149).

2.5 Teollisuuden maadoitukset

Yleisesti ottaen rakennuksissa on vain yksi maadoitusjärjestelmä, johon liitetään kaikki maadoitusta vaativat järjestelmät. Etenkin teollisuudessa voi normaalin sähköverkkoon liittyvien maadoitusten lisäksi olla muita maadoitusjärjestelmiä, kuten esimerkiksi suurjännitepuolen maadoituksia, tietoliikennejärjestelmien maadoituksia, toiminnallisia maadoituksia tai ylijännitesuojauksen ja salamasuojausjärjestelmien maadoituksia. (Maadoituskirja 2019, 41.)

Rakennukseen liittyvät suurjännitepuolen maadoitukset liitetään usein pienjännitepuolen maadoitusten kanssa yhteen rakennusten ulkopuolella olevissa muuntamoissa tai rakennuksen muuntamoiloissa. Kun maadoitusjärjestelmään kuuluu sekä pienjännite- että suurjännitepuolen maadoituksia, on niiden täytettävä sekä SFS 6000 että SFS 6001-standardien asettamat vaatimukset. Maadoitusjärjestelmän maadoituksille voidaan käyttää myös yhteistä maadoituselektrodia sillä ehdolla, että se täyttää edellä mainittujen standardien vaatimukset. Maadoituselektrodina voivat toimia pystymaadoituselektrodit, maadoituslevyt, rakennusperustuksen kaivantoihin tai kaapeliojiin asennettu maadoitusköysi, rakennusperustusten betoniraidoitus tai joku edellä mainittujen ratkaisujen yhdistelmä. Maadoituselektrodin vastakkaisiin kulmiin liitetään päämaadoitusjohtimet, jotka tuodaan päämaadoituskiskolle mahdollisuuksien mukaan eri reitein. (Maadoituskirja 2019, 74–75.)

Teollisuuslaitoksissa päämaadoituskisko asennetaan usein rakennuksen pääkytkinlaitokselle. Päämaadoituskiskoon eli MEB-kiskoon liitetään laitoksen PE-kiskot, potentiaalintasaus- ja lisämaadoituskiskot (LPT, LPK ja EB), päämaadoitusjohtimet, metalliset putkistot ja rakennuksen johtavat rakenteet, toiminnallisen maadoituksen kiskot (FE, ennen TE) sekä antenni- ja puhelinlaitteiden maadoitukset. (Maadoituskirja 2019, 41, 74.)

Lisämaadoituskiskoja (EB, LMK) asennetaan tarpeen mukaan esimerkiksi muuntamoihin tai sähkö- ja automaatiotiloihin ja niihin liitetään vaaralliselta kosketusjännitteeltä suojattavien laitteiden suoja- maadoitusjohtimet. Kiskoja voidaan tarvittaessa asentaa useampi vierekkäin, mutta ne on asennettava paikkaan, joissa kiskoihin on helppo päästä käsiksi tarkastusten ja mittausten suorittamiseksi. Toiminnallisen maadoituksen kiskoja (FE) asennetaan automaatiotiloihin tai muihin vastaaviin tiloihin ja niihin liitetään häiriöiltä suojattavien laitteiden häiriösuojajohtimet. Toiminnallisesta maadoituksesta on aiemmin käytetty nimitystä häiriötön maadoitus (TE), ja vanhemmissa teollisuuslaitoksissa saatetaan usein käyttää myös vanhaa nimitystä. (Maadoituskirja 2019, 41, 74.)

Dokumentoinnin osalta teollisuuslaitoksen maadoituspiirustukset on tehtävä ja pidettävä ajan tasalla standardien SFS 6000 ja SFS 6001 vaatimusten mukaisesti (Maadoituskirja 2019, 41, 79). Maadoitusjärjestelmästä tulisi olla käytettävissä asemapiirros, josta voidaan nähdä maadoituselektrodien materiaali, sijainti, elektrodien haaroituspisteet sekä asennussyvyys. Jos järjestelmässä on tehty erityistoimenpiteitä kosketusjänniteraja-arvojen saavuttamiseksi, on niiden oltava nähtävissä asemapiirroksista ja ne on kuvattava dokumenteissa. (SFS 6001, 2018, 132.) Myös rakennuksen sisäisistä PE- ja FE-verkoista tulee olla kaavio, josta on nähtävissä järjestelmän kiskojen sijoituspaikat sekä tunnuksat (Maadoituskirja 2019, 41, 79). Opinnäytetyön liitteessä (liite 2) on yhdenlainen esimerkki edellä mainitusta kaaviosta, tosin ilman sijaintitietoja.

2.6 Maadoitusten kunnossapito

Kunnossapidolla tarkoitetaan laitteiston haltijan säännöllisin väliajoin huolehtimia toimia ja tarkastuksia, joiden avulla varmistetaan laitteiston toimintakunto ja turvallinen käyttö (SFS 6000-6, 2022, 15).

Sähkölaitteiston haltija on vastuussa laitteiston turvallisuudesta, sen ylläpitämiseksi tarvittavasta kunnossapidosta ja siitä, että laitteisto täyttää sähköturvallisuuslain asettamat vaatimukset. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 47 §.)

Sähkölaitteiston haltijan on myös huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistolle laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet. (Sähköturvallisuuslaki 3 luku 48 §.)

Maadoitusjärjestelmien kunnossapitoa varten ei ole yleispätevää ohjetta, ja usein maadoitusten kunnossapito tiivistyy määräaikaistarkastusten yhteydessä tehtäviin mittauksiin ja kunnossapitotarkastuksiin. Maadoitusresistanssi on mitattava aina silloin, kun sille on määrätty suurin sallittu arvo. Suurimman sallitun arvon määrää yleensä maasulkuvirta sekä maadoitusjännitteelle ja sen kestoajalle asetetut raja-arvot. Standardeissa ei ole esitetty raja-arvoa pienjänniteverkon liittymän maadoitukselle, joten liittymän maadoituselektrodin resistanssia ei yleensä tarvitse mitata. Tyypillisesti maadoitusresistanssin mittauksia suoritetaan muuntajan suurjännitepuolen suojamaadoitukselle, sähköaseman maadoitukselle sekä enintään 1 kV jakeluverkon maadoituksille silloin, kun järjestelmä on alttiina yli 1 kV jännitteille tai edellä mainittujen järjestelmien yhteiselle maadoitukselle. (Maadoituskirja 2019, 41, 146.)

Suurimman sallitun maadoitusresistanssin arvo voidaan selvittää maadoitusjännitteen U_E ja opinnäytetyön kappaleessa 2.1 nähtävän sallitun kosketusjännitteen U_{TP} kuvaajan (kuva 2) perusteella, kun tiedetään vikatilanteessa syntyvän maasulkuvirran arvo ja vian laukaisuaika. Esimerkiksi jos maasulkuvirta on 30 A ja laukaisuaika 0,4 s, tiedetään alla olevan kaavan (kaava 1) perusteella, että:

$$U_E \leq 2 \times U_{TP} = 2 \times 300 \text{ V} = 600 \text{ V} \quad (1)$$

Näin ollen kuvaajan (kuva 2) perusteella voidaan selvittää, että laukaisuajalla 0,4 s $U_{TP} = 300 \text{ V}$, jolloin $U_E = 600 \text{ V}$. Peruskaavalla (kaava 2) saadaan suurin sallittu maadoitusresistanssi:

$$R = U \div I = 600 \text{ V} \div 30 \text{ A} = 20 \Omega \quad (2)$$

Täten suurin sallittu maadoitusresistanssi R maasulkuvirralla 30 A on 20 Ω . (Maadoituskirja 2019, 41, 146.)

Yksittäiseen maadoitukseen liitetyille maadoitusjärjestelmille täytyy suorittaa maadoitusresistanssin mittausta joko kuuden vuoden välein, kun maadoitusjärjestelmä on yhden maadoitusjohtimen varassa, tai 12 vuoden välein, kun järjestelmällä on useampi maadoitusjohdin (SFS 6001, 2018, 145). Mittausten ja tarkastusten yhteydessä tulisi myös aina tarkistaa maadoitusjohtimet, niiden liitokset ja kaapelimerkinnot silmänmääräisesti. Maadoituksen tarkastusmittaukselle suositellaan toistettavan käyttöönottomittauksessa käytettyä mittaustapaa. (Verkostosuositus TJ 1:05, 19.)

Maadoituksen mittaus suositellaan ensisijaisesti toteutettavan kunnossapitoon liittyvissä mittauksissa suurivirtaisella DC- jatkuvuusmittauksella tai muulla mittaustulokseen verratulla, varmistetulla tavalla. Tämä muu tapa voi olla esimerkiksi maadoitusvastuspihtimittarilla suurivirtaisen DC-jatkuvuusmittauksen yhteydessä mitattu mittaustulos, jonka mittaussijainti on dokumentoitu. Mitatuista ja dokumentoiduista mittaussijainneista saatuja mittaustuloksia verrataan aikaisemmin mitattuihin tuloksiin. (Verkostosuositus RJ 22:22, 2022, 24–25).

Yhteen liitettyjen ja laajojen maadoitusjärjestelmien maadoitusresistanssia ei tarvitse mitata määrävällein. Maadoitusjärjestelmien eheys ja yhteys toisiinsa on kuitenkin varmistettava kunnossapidon tarkastusten yhteydessä, ja tarkastuksen tiedot ovat dokumentoitava. (Verkostosuositus RJ 22:22, 2022, 24, 32–33; SFS 6001, 2018, 146.)

Kunnossapidon tarkastusten yhteydessä yhteen liitettyjen ja laajojen maadoitusjärjestelmien jatkuvuutta ja yhteyttä toisiinsa suositellaan varmistettavan mittauksilla pistokoeluoontoisesti niin, että mittaukset kohdentuisivat verkon sellaisiin osiin, joissa riskit maadoitusyhteyksien jatkuvuuden heikkenemisestä ovat suurimmat. Pistokoemittauksia suositellaan suoritettavan samoille alueille vähintään 12 vuoden välein. (Verkostosuositus RJ 22:22, 2022, 24.)

Laajan maadoitusjärjestelmän kuntotarkastus voidaan toteuttaa esimerkiksi mittaamalla pihtimittarityyppisellä ”maadoitustesterillä” kaapeliliitäntäisen muuntamon maadoituskiskoon liitetyn jokaisen maasta nousevan maadoitusjohtimen maadoitusvastus. Samalla testatuksi tulevat maadoitusjohtimien, elektrodien ja myös maadoituskiskon liitokset. (Verkostosuositus TJ 1:05, 19).

2.7 Kunnossapidon vastuu voimalaitoksilla

Laki edellyttää, että sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käyttötöitä varten käytön johtaja, jos sähkölaitteistoon kuuluu yli 1 kV nimellijännitteisiä osia (lukuun ottamatta enintään 1 kV nimellijännitteellä syötettyjä yli 1 kV sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja) tai sähkölaitteiston liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kVA. (Säköturvallisuuslaki 4 luku 60 §.)

Koska voimalaitoksilla sähkölaitteistoon kuuluu osia, joiden nimellijännite voi olla 110 kV:sta parhailaan 400 kV:iin asti, täytyy voimalaitoksilla käytännössä aina olla käytön johtaja.

Säköturvallisuuslain mukaan käytön johtaja on vastuussa siitä, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sähkölaitteisto on sähköturvallisuuslain edellyttämässä kunnossa käytön aikana ja käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi tehtäviinsä opastettuja. (Säköturvallisuuslaki 4 luku 62 §.)

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että käytön johtaja on vastuussa sähkölaitteiston haltijan vastuusta ja siten voimalaitosten kunnossapidon vastuu on aina sähkölaitteiston käytön johtajalla.

3 HAAPANIEMEN VOIMALAITOS

Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitos (kuva 6) koostuu nykyisellään kahdesta aktiivisesta voimalaitosyksiköstä, polttoaineen vastaanottoalueesta ja Kumpusaaren polttoaineterminaalista. Yli 60 % laitoksen käyttämistä polttoaineista on metsätalouden hakkuutähteenä sekä sahateollisuuden sivutuotteena syntyvää biopolttoainetta ja loput lähikuntien alueella tuotettua turvetta. Voimalaitos on niin sanottu CHP-laitos, eli energiantuotanto perustuu sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ja tuottaa vuosittain noin 300–350 GWh sähköä sekä 900–1000 GWh lämpöä. Tätä varten laitoksella tarvitaan noin 1,5 miljoonaa kuutiota polttoainetta vuosittain. Vuoden 2021 aikana Haapaniemen voimalaitos tuotti sähköä 358 GWh ja lämpöä 1076 GWh, joita varten käytetty polttoaineiden määrä oli 1573 GWh. Laitoshyötysuhteeksi vuoden 2021 aika muodostui 91 %. Kotimaisuusaste biopolttoaineille on nykyisellään noin 99 %

Haapaniemen voimalaitosyksiköistä toinen on vuonna 2011 valmistunut Haapaniemi 3, joka on rakennettu käyttäen BAT-tekniikkaa (Best available technic). Se on edeltäjäänsä Haapaniemi 1:een verrattuna noin 50 % suurempi teholtaan ja perustuu kiertoleijupeti-polttotekniikkaan, jonka ansiosta voidaan matalampien päästöjen lisäksi hyödyntää myös matalampaa palamislämpötilaa ja kärkeampia polttoaineita entisen yksikön pölypolttotekniikkaan verrattuna. Käytössä olevista yksiköistä suurempi, Haapaniemi 2, on vuonna 2013 modernisoitu paremmin vastaamaan päästölainsäädännön vaatimuksiin. Modernisoinnin aikana yksikölle tehtiin polttotekniikan muutos ja vuonna 2015 yksikköön lisättiin myös savukaasupesuri, joka päästöjen puhdistamisen parantamisen lisäksi mahdollistaa lämmöntalteenoton ansiosta noin 250 GWh:n säästön polttoaineissa.

Vuonna 2022 voimalaitosalueelle valmistui myös kaukolämpöakku, jonka tavoitteena on parantaa energiantuotannon kannattavuutta ja kaukolämpöverkoston huoltovarmuutta suurien vuotojen varalta. (Kuopion Energia 2022.)



KUVA 6. Haapaniemen voimalaitosalue (Kuopion Energia 2022)

3.1 Haapaniemen voimalaitoksen maadoitukset

Voimalaitosalueen maadoitusjärjestelmä muodostuu pääpiirteittäin laitosalueen rakennuksia ympäröivistä perusmaadoituselektrodeista, Haapaniemen sähköaseman maadoitusverkosta ja laitosalueella sijaitsevan, nykyisin vain KJ-rakennuksena toimivan, entisen kytkinlaitoksen ja kytkinkentän maadoituselektrodeista sekä laitosyksiköiden sisäisistä maadoitusverkoista. Vanhan dokumentoinnin perusteella laitoksen jäähdytysvesipumppaamolta kulkee Kallaveden pohjaan myös vaakamaadoitus-elektrodi, mutta kartoituksen aikana sen eheyttä ei ollut mahdollista varmistaa. Perusmaadoitus-elektrodit on liitetty useasta kohtaa alueen johtaviin putkistoihin.

Laitosalueen rakennusten perusmaadoitukset on liitetty yhteen useasta kohtaa niin, että ne muodostavat laitosyksiköiden ja polttoaineen vastaanottoalueen kanssa lähes verkkomaisen rakenteen. Perusmaadoitusten lisäksi polttoaineen vastaanottoalueiden maadoitusjärjestelmät yhdistyvät voimalaitosyksiköiden maadoitukseen laitokselta syöttökaapeleiden mukana kulkevien, erillisten Cu 50 mm² maadoitusjohdinten avulla. Polttoaineen vastaanoton päämaadoituskiskot ovat siis suoraan yhteydessä vastaavien laitosyksiköiden päämaadoituskiskoihin. Poikkeuksena tähän on laitosalueen keskellä sijaitseva näytteenottohalli, jonka maadoitukset yhdistyvät muuhun järjestelmään vain pienjännitejärjestelmän maadoitusten välityksellä, ja kaukolämpöakku sekä -pumppaamo, jotka liittyvät laitoksen maadoitukseen sen KJ-syöttökaapeleiden maadoitusjohtimen kautta.

Laitosyksiköiden maadoitukset liittyvät yhteen useasta kohtaa myös yksikköjen sisäisten maadoitusverkkojen kautta.

Voimalaitoksen päämaadoituskiskot ovat yhteydessä toisiinsa suurimmaksi osaksi suoraan kiskojen välisillä maadoitusjohtimilla, mutta vähintäänkin muun maadoituksen tai aluemaadoituksen kautta. Päämaadoituskiskot liittyvät perusmaadoitukseen joko suoraan tai sisäisen maadoitusverkon kautta, ja niiden lisäksi maadoitusjärjestelmään kuuluu useita lisämaadoitus- ja lisäpotentialintasauskiskoja. Piirros laitoksen maadoituskiskoista ja niiden välisistä yhteyksistä löytyy opinnäytetyön liitteistä (liite 7).

Voimalaitoksen maadoitukset yhdistyvät Haapaniemen sähköaseman maadoitukseen laitoksen kahden päämuuntajan 110 kV lähtöjen mukana kulkevien Cu 120 mm² maadoitusjohtimien avulla. Lisäksi laitoksen KJ-varasyöttöjen mukana kulkee Cu 50 mm² maadoitusjohdin, joka yhdistyy KJ-rakennuksen ja kytkinkentän maadoitukseen, joista ne yhdistyvät edelleen sähköaseman maadoitukseen. (Kaukonen 2022.)

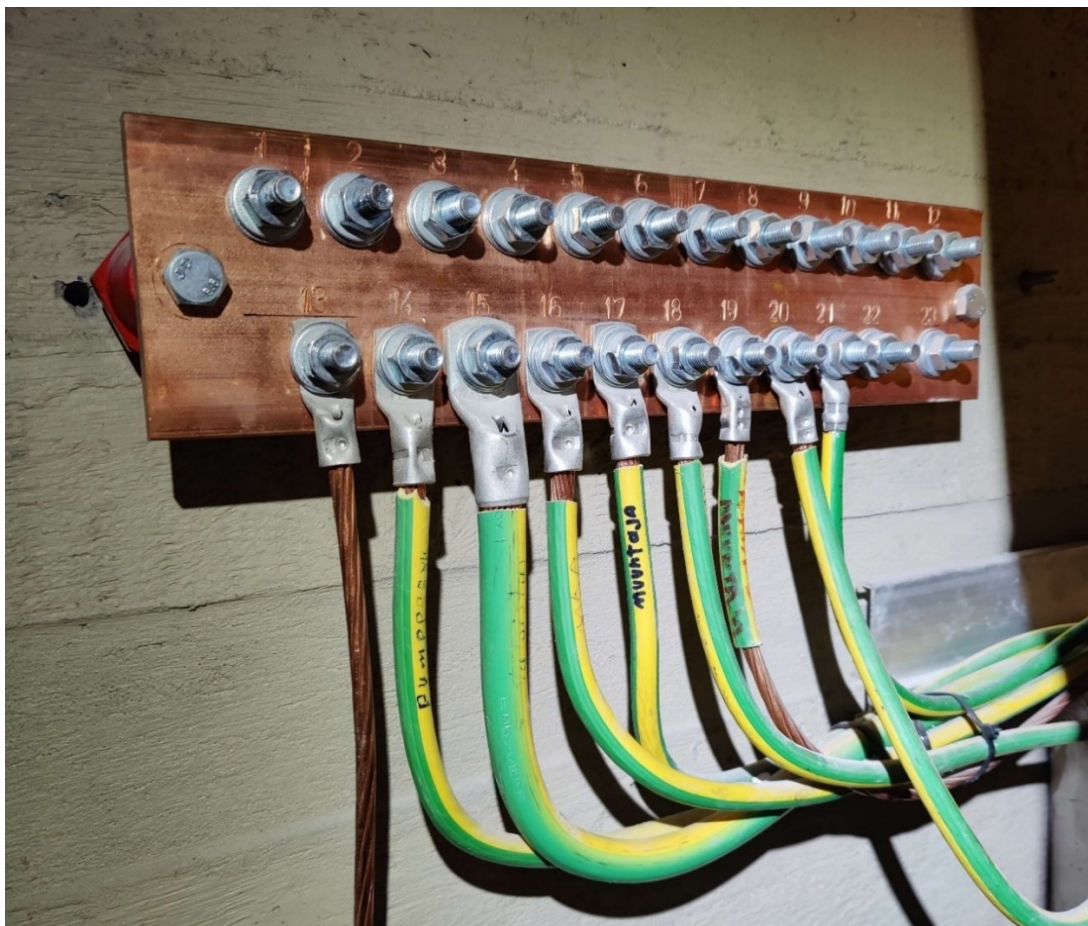
4 MAADOITUSTEN KARTOITUS

Haapaniemen voimalaitoksen maadoituksissa tai vähintäänkin maadoituspiirustuksissa oli epäilty tai tiedetty olevan puutteita johtuen laitoksen useista hankkeista ja projekteista, joiden tuomien muutoksien myötä maadoitusjärjestelmä on vuosien saatossa paisunut. Kartoituksen tarkoituksena oli selvittää ja mahdollisesti myös korjata näitä puutteita seuraavaa määräaikaistarkastusta varten.

Maadoitusjärjestelmän kartoitustyö tehtiin selvittämällä ensin saatavilla olevan dokumentoinnin avulla laitosalueen maadoituskiskojen sijainnit. Koska laitoksen dokumentointi ja kuvat olivat vanhimmillaan puolen vuosisadan takaa, osittain ajan mukana kadonneita, kokonaan puuttuvia, useassa eri paikassa verkkolevyllä tai useassa kansiossa eri arkistoissa, täytyi suuri osa maadoituskiskojen sijainneista selvittää kiertämällä laitosta yksi tila kerrallaan.

Selvityksen aikana laitoksen maadoituskiskoista otettiin useita kuvia, kirjattiin ylös kiskojen positiotiedot ja mahdolliset tarkentavat sijaintitiedot sekä tehtiin aistinvaraista tarkastelua maadoitusten kunnosta. Koska työn tarkoituksena oli kartoittaa myös maadoituksen dokumentaation tilannetta ja korjata sen mahdollisia puutteita, oli sen selvittämiseksi tehtävä tarkastelua rajapintojen välillä. Kuvien ja kaavioiden sekä fyysisten asennusten vertailua varten oli seurattava paikan päällä, mistä johdot kulkivat mihinkin ja pitivätkö dokumentoinnin tiedot paikkansa.

Kartoituksen aikana puutteellinen dokumentointi aiheutti päänvaivaa myös asennuskohteissa, sillä paikoittain maadoituskiskoja, johdinpäätteitä, kytkentöjä tai niihin kohdistuneita muutoksia oli kuvien ja kaavioiden puutteiden lisäksi merkitty paikan päällä epämääräisesti tai ei laisinkaan (kuva 7).



KUVA 7. Johdinpäätteiden epämääräiset merkinnät maadoituskiskossa (Saloniemi 2023).

Vanhentuneen ja puutteellisen tai puuttuvan dokumentoinnin osalta tehtiin korjauksia olemassa oleviin tuotoksiin tai luotiin täysin uudet dokumentit. Dokumentoinnista ja tuotoksista tarkemmin kappaleessa 4.1.

Kartoituksen aikana tehdyistä havainnoista ja huomioista sekä puutteista kerättiin lista, joista työn päätteeksi luotiin korjaus- ja/tai toimenpide-ehdotuksia sekä huomioita sisältävä lyhyt työraportti. Osio työraportin korjaus- ja toimenpide-ehdotuksista löytyy opinnäytetyön liitteistä (liite 1).

4.1 Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusten dokumentointi

Kartoitustyön aikana selvisi jo aikaisessa vaiheessa, että Haapaniemen voimalaitoksen dokumentoinnissa oli selkeitä puutteita. Ennen puutteiden korjaamista oli kuitenkin aiheellista selvittää, miltä osin olemassa olevaa dokumentointia voitaisiin vielä hyödyntää. Selvittäminen osoittautui kuitenkin odotettua haasteellisemmaksi, sillä kuvia ja kaavioita löytyi sekä sähköisenä verkkolevyllä että paperisena arkistoista eri puolilla laitosta. Tämän lisäksi verkkolevyllä ei ollut selkää kansiorakennetta ja tiedostonimet vaihtelivat alkuperäisten suunnitelmien toimittajan mukaan. Paperisten dokumenttien selvittämisessä lisähaasteita toivat toistensa kanssa ristiriidassa olevat dokumentit ja kansioista ajan saatossa hävinneet kopiot. Esimerkiksi Haapaniemi 1 ja 2 laitosyksiköiden sisäisistä maadoitusverkoista ja perusmaadoituskaavioista löytyi kartoituksen aikana ainoastaan yksittäiset paperiversiot. Kuvien pystyttiin kuitenkin todentamaan olevan vielä ajan tasalla siltä osin, mitä oli mahdollista rajapintoja selvittämällä todentaa.

Kartoitustyön tuloksena päivitettiin ajan tasaiseksi useita laitoksen kiskokohtaisia kuvia (esimerkki liitteessä 3), polttoaineen vastaanottoaseman (KPA3) päämaadoituselektrodin maadoituskaavio, Haapaniemi 3 laitosyksikön päämaadoituskaavio (liite 2) sekä Haapaniemi 2 yksikön polttotekniikan muutoksen yhteydessä luodut maadoituskaapeliluettelot, joiden tiedot eivät enää vastanneet varsinaisia asennuksia.

Päivitettyjen kuvien ja kaavioiden lisäksi työn aikana luotiin myös suuri määrä uusia kiskokohtaisia kuvia (esimerkkejä liitteessä 4, 5 ja 6), kuva laitosalueen maadoituskiskojen välisistä yhteyksistä (liite 7) sekä maadoituskiskoluettelo kaikista laitoksen maadoituskiskoista, mihin kerättiin lyhyesti täsmentäviä sijaintitietoja sekä kiskojen vastaavat tiedostonimet ja/tai piirustusnumerot (liite 8). Opinnäytetyön liitteessä (liite 8) nähtävästä luettelosta on poistettu tilatiedot ja päivitettyjen kiskokuvien osalta kiskot ovat merkitty oranssilla tekstillä. Kiskot, joille täytyi luoda uudet kuvat, on merkitty luettelossa vihreällä.

Uusien kiskokohtaisten kuvien mallina käytettiin pääsääntöisesti vuonna 2011 valmistuneen Haapaniemi 3 laitosyksikön maadoituskuvia. Kuvissa oli saatavilla kaikki tarvittava tieto ja ne olivat riittävän helppolukuisia. Haapaniemi 2:n alueella (reletilaa lukuunottamatta) päädyttiin kuitenkin käyttämään yksikön polttotekniikan muutoksen yhteydessä kattilatilan maadoituskiskoista luotuja kuvia yhdenmukaisuuden vuoksi.

Dokumentoinnin saatavuus on kunnossapidon ja tarkastusten osalta lähes, tai oikeastaan yhtä tärkeää kuin niiden olemassa oleminen. Tämän vuoksi sähköautomaatiokunnossapidon verkkolevyille luotiin työn aikana maadoitusten dokumentoinnille myös uusi kansiorakenne, jotta laitoksen maadoi-

tusten sähköinen dokumentaatio olisi jatkossa helpommin löydettävistä yhdestä paikasta. Pääkansion sisällä dokumentaatio jaettiin laitoksen osien mukaan omiin kansioihinsa ja vanhentuneiden kuvien osalta kuvat arkistoitiin kansioden sisäisiin, omiin erillisiin kansioihinsa. Paperisen dokumentoinnin osalta tehtiin ehdotus sen kopioimisesta tai siirtämisestä myös sähköiseen muotoon.

4.2 Laajan maadoitusjärjestelmän toteutuminen

Maadoitusjärjestelmän kartoituksen aikana tehtiin selvitystä laajan maadoitusjärjestelmän toteutumisesta alueella.

Selvitystä varten Kuopion Sähköverkko Oy:ltä saatiin Haapaniemen 110/20kV sähköaseman linjaimpedanssin mittauspöytäkirja, josta ilmenee Haapaniemen sähköaseman maadoitusimpedanssin Z_a olevan $0,13 \Omega$. Pöytäkirjassa esitettyjen mittaustulosten perusteella sähköaseman 1-vaiheisten maasulkuvirtojen aiheuttamat maadoitusjännitteet alittavat SFS 6001 raja-arvot $2xUTP$ ja $4xUTP$. Maadoitusjännite alittaa myös Traficomien määräyksen 43F/2015M raja-arvon.

Koska Haapaniemen sähköaseman on todettu olevan osa laajaa maadoitusverkkoa (Kaukonen 2022) ja voimalaitos yhdistyy sekä sähköaseman että edelleen laajan maadoitusverkon maadoitukseen usean yhteyden kautta ja täyttää useita tyypillisiä esimerkkejä laajasta maadoitusjärjestelmästä, voitiin kartoituksen aikana todeta, että voimalaitosalueella voisi soveltaa laajaa maadoitusjärjestelmää.

Kartoituksessa kuitenkin havaittiin, että laitosalueen kaukolämpöpumppaamon ja -akun maadoitukset yhdistyvät todennettavasti voimalaitoksen muuhun maadoitusjärjestelmään ainoastaan sen KJ-syöttökaapeleiden maadoitusjohtimen kautta. SFS 6001 kuitenkin vaatii, että jokaisen laajan maadoitusverkon muuntopiirin tulisi olla yhteydessä vähintään kahden muun muuntopiirin maadoitukseen. Siksi poikkeuksena muun laitosalueen osalta todettiin, ettei kaukolämpöpumppaamon ja -akun maadoituksia voida sen nykytilanteessa muun laitosalueen tavoin soveltaa osana laajaa maadoitusjärjestelmää.

4.3 Maadoitusjärjestelmän kunnossapito ja tarkastukset

Opinnäytetyöhön kuului suunnitelman mukaan myös maadoitusjärjestelmän kartoituksen lisäksi kunnossapito-ohjelman luominen. Työn toteutuksen aikana ei kuitenkaan ollut mahdollista saada käyttöoikeuksia voimalaitoksella käytössä olevaan ALMA-kunnossapito- ja tiedonhallintajärjestelmään ja lisäksi kartoitukseen kului huomattavan paljon aikaa, joten työn aikana päädyttiin toteuttamaan lyhyt ohjeistus maadoitusjärjestelmän kunnossapitoa ja tarkastuksia varten, minkä pohjalta olisi mahdollista tulevaisuudessa luoda työmääräimet ALMA-kunnossapitojärjestelmään.

Kartoitustyön tulosten perustella päädyttiin tulokseen, että Haapaniemen voimalaitoksella maadoitusjärjestelmälle olisi suositeltavaa tehdä 5–6 vuoden välein vähintään aistinvarainen kunnossapitotarkistus, jossa tarkastettaisiin maadoituskiskojen, johdinten ja liitoksien eheys.

Laajassa maadoitusjärjestelmässä maadoitusresistansseja tai -jännitteitä ei tarvitse mitata määrävällein. Järjestelmien väliset jatkuvuudet ja yhteys toisiinsa tulisi kuitenkin varmistaa laitteiston kunnossapidon yhteydessä pistokoeluentoisesti. Verkostosuosituksessa RJ 22:22 (2022, 32–33) suositellaan kohdennettavan jatkuvuuden mittauksia maadoitusjärjestelmän reunoille sekä alueille, joissa maadoitusyhteyksien jatkuvuuden heikkeneminen voi vaarantua.

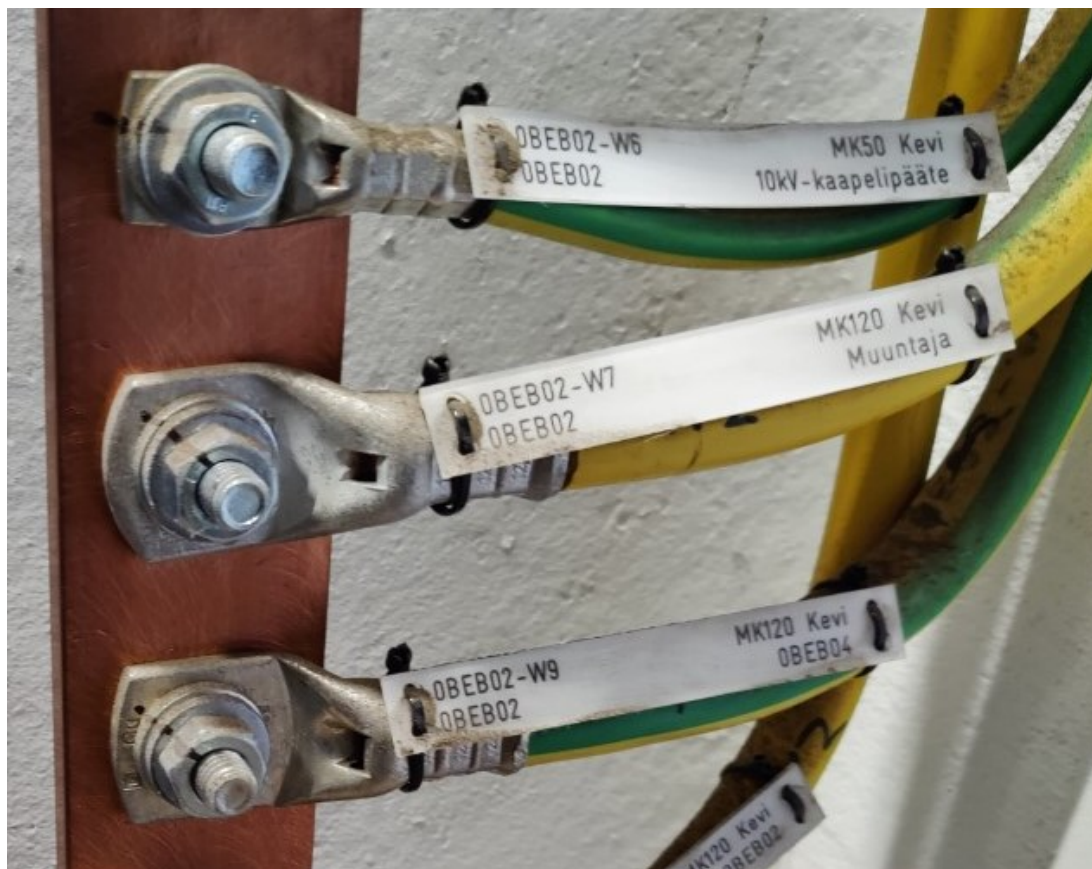
Haapaniemen voimalaitoksella maadoitusten eheyden kannalta tärkeimmiksi reiteiksi nähdään voimalaitoksen ja sähköaseman väliset yhteydet, laitosalueen reunoilla sijaitsevat yhteydet (KPA3, KPA4) sekä kaukolämpöakun ja -pumppaamon maadoitukset.

Ohjeistuksessa pistokoemittauksia suositellaan suoritettavan samalle alueelle vähintään 12 vuoden välein. Kaukolämpöakun ja -pumppaamon sekä näytteenottohallin maadoitusten jatkuvuudet tulisi tarkistaa kuitenkin 6 vuoden välein johtuen kyseisten maadoitusten asennustavasta.

Kunnossapitomittaukset voidaan toteuttaa esimerkiksi toistamalla käyttöönottotarkastuksissa suoritettuja jatkuvuusmittauksia. Mittaustuloksia tulisi verrata aiempiin mittauksiin.

Tiedot kunnossapidon yhteydessä tehdyistä tarkastuksista ja mittauksista on jatkossa dokumentoitava ja dokumentointi on arkistoitava sähköautomaatiokunnossapidon verkkolevyn uuden kansiorakenteen "Tarkastukset ja mittaukset" -kansioon. Tarkastuksista suositellaan ottamaan lisäksi kuvia.

Kunnossapitotarkastusten yhteydessä tulisi tarkistaa myös maadoitusjohtimien kaapelikilpien kunto sekä tarvittaessa uusia kilvet. Kilvestä tulisi saada selville johtimen tunnus, paksuus ja liitäntäpisteet. Alla olevassa kuvassa (kuva 8) on havainnollistettu esimerkki kaapelikilvistä, joissa on selkeät merkinnät. Tämän lisäksi suositeltavaa olisi tarkistaa myös toiminnallisen maadoituksen tunnusmerkinät.



KUVA 8. Esimerkki selkeästi merkityistä kaapelikilvistä (Saloniemi 2023)

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Kuopion Energia Oy. Työn tavoitteena oli suorittaa Haapaniemen voimalaitoksen maadoitusjärjestelmälle perusteellinen kartoitus, jonka aikana laitoksen maadoitusten kunnosta ja puutteista tehtiin selvitystyötä, päivitettiin vanhentunutta ja puuttuvaa dokumentaatiota sekä luotiin maadoitusjärjestelmästä yhtenäinen kaavio ja luotiin sille kunnossapito-ohjelma.

Haasteita puoli vuosisataa vanhan voimalaitoksen maadoituksen ja sen dokumentaation ylläpidolle aiheuttavat sen vanhenevan dokumentoinnin määrän sekä ajan tasalla pitämisen lisäksi uudet projektit ja hankkeet, joissa toimittajana on monesti ulkopuolinen urakoitsija, jolta tarkan dokumentaation tai ylipäättään dokumentaation saaminen voi olla usein vaikeaa. Haasteita aiheuttavat lisäksi laitteiston asennusten aikana tehdyt epämääräiset merkinnät tai niiden puute, jolloin asennuksen selvittämiseen kuluu turhaan aikaa. Työn aikana lähestulkoon kaikille maadoitusjärjestelmän asennuksille, joille ei ole tehty muutos- tai korjaustöitä viime vuosikymmenen aikana, täytyi selvitystyön aikana lisätä uudet johdinmerkinnät entisten huonon kunnon, laadun tai puutteen vuoksi.

Voimalaitoksen maadoitusjärjestelmän perusteellinen kartoittaminen on työ, joka vaatii suorittajaltaan reilusti aikaa ja tuntemusta koko laitoksesta. Opinnäytetyön suurimmaksi haasteeksi osoittautuivatkin suppeat lähtötiedot. Se johtui osittain siitä, että opintojen aikana maadoituksia käsiteltiin melko pintapuolisesti ja osittain siitä, että tuntemus laitoksesta oli vielä vähäistä. Tämä yhdistettynä työn hyvin itseohjautuvaan luonteeseen tarkoitti sitä, että suuri osa oppimisesta sekä laitoksen tuntemuksen karttumisesta tapahtui itse työn aikana. Myös dokumentoinnin saatavuus aiheutti suurta päänaivaa työn suorittamisen aikana, ja joidenkin laitoksen kannalta hyvin tärkeiden dokumenttien löytämiseen kului useita työtunteja. Teoriaosuuden osalta haasteiksi osoittautui joidenkin aiheiden kohdalla yksiselitteisten määritelmien puute.

Työn lopullisiin tuotoksiin lukeutui useita uusia (24 kpl) sekä päivitettyjä (9 kpl) niin sanottuja kisko-kohtaisia maadoituskaavioita, Haapaniemi 3 laitoksen korjattu päämaadoituskaavio, KPA 3 vastaanottoaseman päämaadoituselektrodin korjattu periaatekaavio, aluekuva järjestelmän maadoituskiskojen välisistä yhteyksistä, päivitetty maadoituskaapeliluettelot sekä uusi maadoituskiskoluettelo. Joidenkin kiskokohtaisten kuvien osalta olisi kuvien suunnitteluun voitu käyttää vielä enemmän aikaa, mutta käytön kannalta niiden voidaan todeta olevan riittävän tarkkoja ja selkeitä.

Dokumentoinnin saatavuutta parannettiin työn aikana luomalla sähköautomaatiokunnossapidon verkkolevylle uusi maadoitusten kansiorakenne, jotta laitoksen maadoitusten sähköinen dokumentaatio olisi jatkossa helpommin löydettävistä yhdestä paikasta. Paperisen dokumentoinnin osalta tehtiin ehdotus sen kopioimisesta tai siirtämisestä sähköiseen muotoon.

Lisäksi selvitystyön aikana laitoksen maadoitusten asennuksista ja asennusten kunnosta tehtiin useita huomioita ja havaintoja, joiden pohjalta luotiin työraportti, jossa esitettiin maadoitusten kunnossapidon ohjeistuksen lisäksi useita korjaus- ja toimenpide-ehdotuksia järjestelmän sekä sen dokumentoinnin parantamiseksi jatkossa. Esimerkkinä jatkotoimenpiteistä Haapaniemi 2 laitoksen osalta tehtiin ehdotus savukaasupesurirakennuksen päämaadoituskiskon X10 puuttuvien yhteyksien korjaamisesta. Asennusvaiheessa päämaadoituskiskoa ei ollut yhdistetty pesurirakennuksen maadoitus-

elektrodiin, ja lisäksi yhteys muuntajatilán kiskoon X09, joka oli yhteydessä elektrodiin, puuttui. Korjaus ehdotuksessa suositeltiin yhdistämään päämaadoituskisko X10 pesurirakennuksen maadoitus-elektrodiin niin, että yhteys muodostuisi vähintään muuntajatilán kiskon X09 kautta. Muita jatkotoimenpide-ehdotuksia tehtiin muun muassa maadoitusjärjestelmán yhteyksien varmistamiseen, paperisen dokumentaation varmuuskopiointiin, johdinten merkintöjen parantamiseen ja maadoitusjärjestelmán kyseenalaisten liitoksien korjaamiseen liittyen. Muiden opinnäytetyön tuloksena tehtyjen korjaus- ja toimenpide-ehdotusten osalta tarkemmin opinnäytetyön liitteessä (liite 1). Päätös ja vastuu työstä syntyneiden ehdotusten pohjalta tehtäville toimenpiteille jää työn jäljiltä laitoksen sähkölaitteiston käytön johtajalle.

Hallinnollisten ja ajallisten syiden vuoksi työssä ei toteutettu täydellistä kunnossapito-ohjelmaa. Sen sijaan laitoksen maadoituksille luotiin lyhyt kunnossapito-ohjeistus, jonka pohjalta voidaan jatkossa luoda kattavampi kunnossapito-ohjelma.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että voimalaitoksen maadoitusten dokumentaatio on huomattavasti paremmin ajan tasalla ja saatavilla kunnossapitoa varten kuin ennen opinnäytetyötä. Lisäksi laitoksen maadoituskiskojen liitännät ovat nykyisin suurilta osin selkeämmin merkittyjä. Työn aikana tehdyn selvityksen perusteella laitosalueen puutteista tehtiin lista toimenpide-ehdotuksia ja todettiin, että maadoituksia voitaisiin yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta käsitellä osana laajaa maadoitusjärjestelmää, mikä helpottaa kunnossapito- ja määräaikaistarkastusten suorittamista, kun maadoitusresistanssien mittaus alueella helpottuu. Näin ollen opinnäytetyön tavoitteiden voitaisiin nähdä ainakin suurimmaksi osaksi toteutuneen työn aikana.

LÄHTEET

DIGMA-oppimisympäristö julkaisuaika tuntematon. Jakelujärjestelmät. Verkkojulkaisu. <https://moodle.amk.fi/mod/book/tool/print/index.php?id=3851&lang> Viitattu 8.5.2023

Haapaniemen voimalaitos 2022. Valokuva. <https://www.kuopionenergia.fi/vastuullisuus/kehityshankkeet/>. Viitattu 4.3.2023.

Kaukonen, Janne 2022. Kunnossapitoinsinööri. Kuopion Sähköverkko Oy. Haapaniemen maadoitusasioita. Yksityinen sähköpostiviesti 14.12.2022. Viestin saaja: Veikko Lappalainen

Korpinen, Leena 1998. Sähkötekniikkaopus. http://leenakorpinen.com/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf. Viitattu 6.5.2023.

Kuopion Energia 2022. Haapaniemen voimalaitos. Verkkojulkaisu. <https://www.kuopionenergia.fi/yri-tys/tuotanto-ja-jakelu/voimalaitokset-ja-lampokeskukset/>. Viitattu 4.3.2023.

Kuopion Energia 2022. Kehityshankkeet. Verkkojulkaisu. <https://www.kuopionenergia.fi/vastuullisuus/kehityshankkeet/> Viitattu 4.3.2023.

Saloniemi, Valtteri 2023. Kaapelipäätteiden epämääräiset merkinnät maadoituskiskossa. Valokuva. Kuvausvuosi 2023, Paikkakunta: Kuopio.

Saloniemi, Valtteri 2023. Esimerkki selkeästi merkityistä kaapelikilvistä. Valokuva. Kuvausvuosi 2023, Paikkakunta: Kuopio.

SFS-EN 6000-4-41. 2022. Pienjännitesähköasennukset. Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

SFS-EN 6000-5-54. 2022. Pienjännitesähköasennukset. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. maadoittaminen ja suojajohtimet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

SFS-EN 6001. 2018. Suurjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

ST 53.21 Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. 2018. Espoo: Sähkötieto ry.

STUL ry 2019. Maadoituskirja 2019. 7. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135> Viitattu 1.5.2023.

Verkostosuositus RJ 19:16. Muuntopiirien ja pylväserotinasemien maadoitukset SFS 6001 / 2015 mukaan. Insinööritoimisto Risto Anjala. Helsinki: Energiateollisuus ry 2016.

Verkostosuositus RJ 22:22. Sähkönjakeluverkon maadoitusten suunnittelu, toteutus ja varmistaminen. Energiateollisuus ry. Helsinki: Adato Energia Oy 2022.

Verkostosuositus TJ 1:05. Sähkönjakeluverkkojen maadoitusmittaukset. Julkaisuaika tuntematon. Helsinki: Energiateollisuus ry.

LIITE 1: TYÖRAPORTIN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

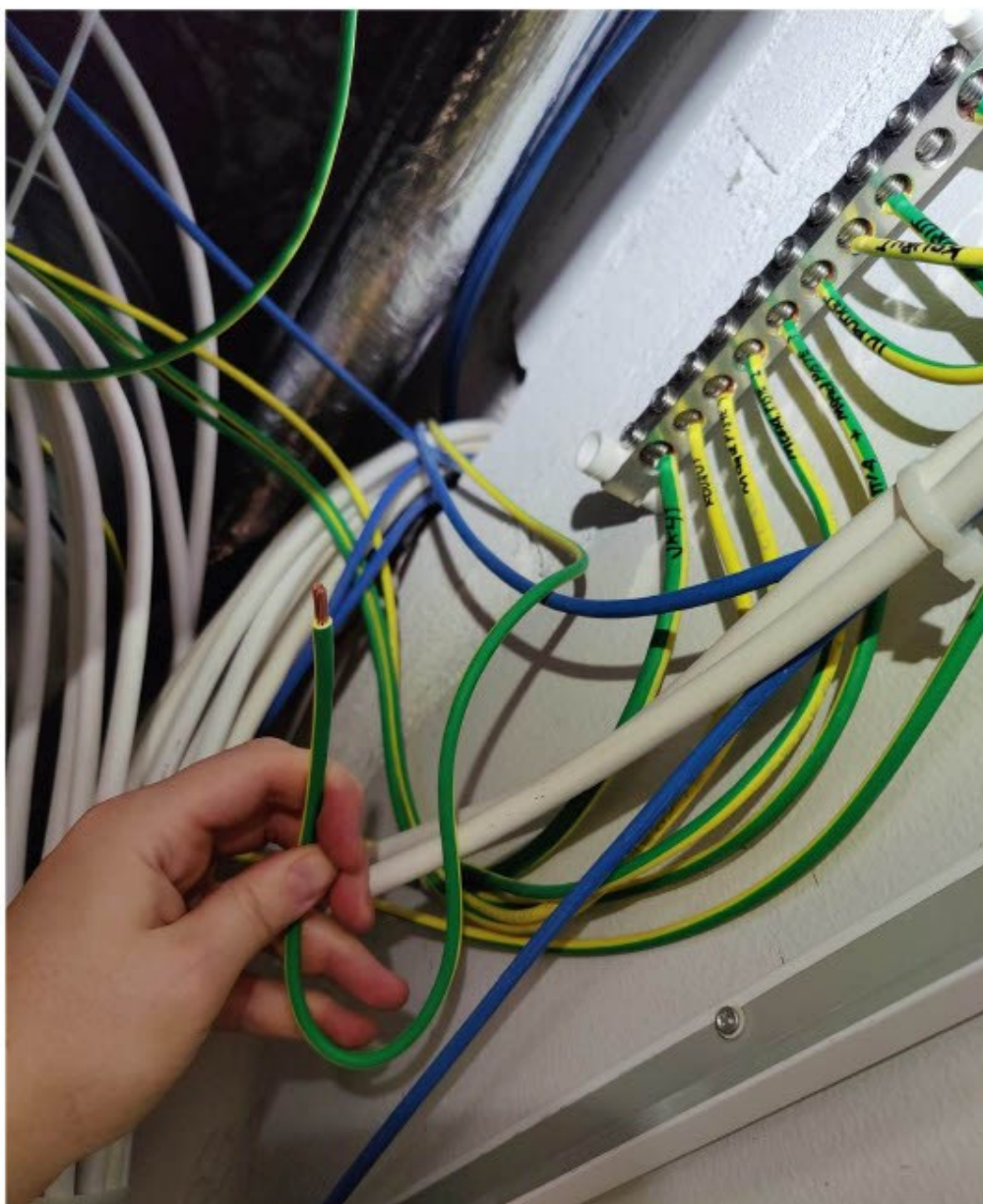


Työraportti

6 (12)

19.1.2023

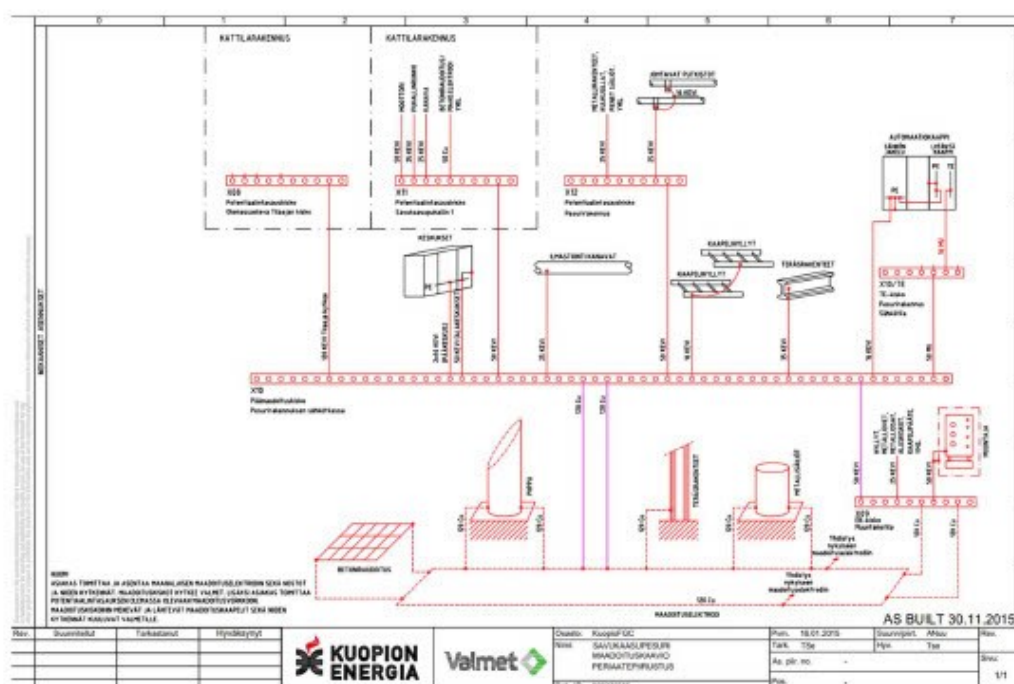
Voimalaitoksen toimistorakennuksen maadoitusten tarkastelun aikana havaittiin, että 2. kerroksen korjaamotilan "likaisen" tilan johtavat rakenteet (putkistot, kaapelikourut yms.) olivat maadoittamatta. Maadoitusjohtimet oli aikaisemmin asennettu ja vedetty, mutta lopullinen liitäntä lisämaadoituskiskolle oli jäänyt kytkemättä. Tämä ei kuitenkaan vaadi jatkotoimenpiteitä, sillä puute korjattiin heti havainnon yhteydessä.



Kuva 2. Kytkemättä jäänyt maadoitus (johtimen pää löytyi kuorimattomana).

4 Korjaus- / Toimenpide-ehdotukset

HP2 Savukaasupesurin päämaadoituskiskolta X10 on yhdistettävä päämaadoitusjohtimet pesurin maadoituselektrodiin. Maadoituskisko X09 on yhdistetty elektrodiin, mutta yhteys X10:n ja X09:n väliltä puuttuu. Jotta päämaadoituskisko olisi yhteydessä pesurin elektrodiin, tulisi maadoitus liittää vähintään kiskojen X09 ja X10 välillä.



Kuva 4. Savukaasupesurin maadoituskaavio, puuttuvat yhteydet punaisella.

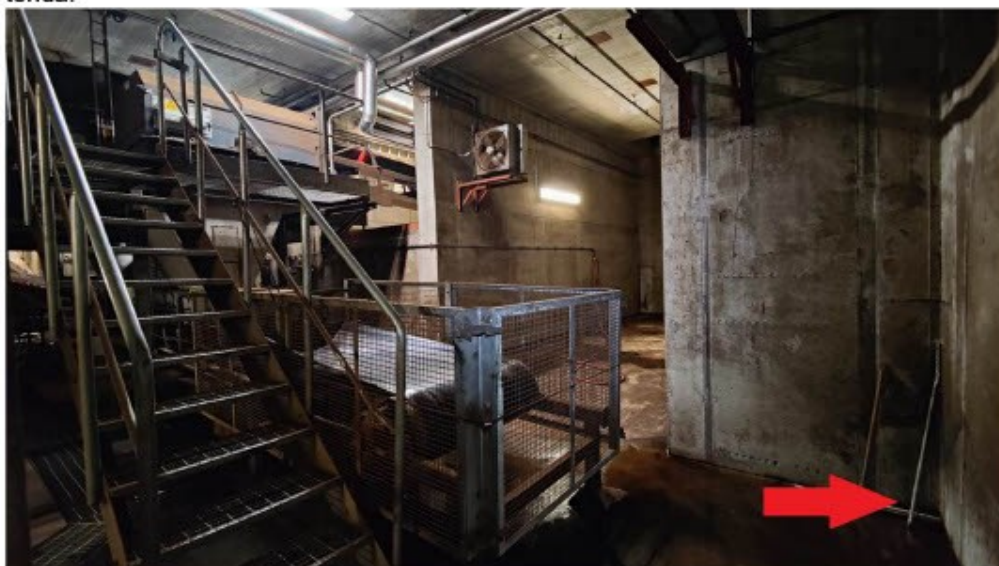
HP2 relehuoneen 2JA86 I/O-kaapin ja maadoituskiskon X01 välille tulisi liittää uusi suoja-johdin. Nykyisen johtimen liittyminen maadoitusjärjestelmään on kyseenalainen, eikä ole selvää toimisiko suoja maadoitus häiriötilanteessa.

HP1 ja HP2 maadoitusverkon ja perusmaadoituksen maadoituskaavioista on tietävästi vain yksittäiset paperiversiot, ja koska SFS 6000 sekä SFS 6001 standardit vaativat kyseisen dokumentaation olevan saatavilla, tulisi niiden varmuuskopiointin kannalta harkita piirustusten monistamista tai siirtämistä sähköiseen muotoon. Vaihtoehtoisesti piirustusten pohjalta voisi luoda uudet kuvat.

SFS 6000 vaatii, että jokainen päämaadoituskiskoon tehty liitos tulisi olla irrotettavissa erikseen. HP2 päämuuntajan maadoituskiskoon X03 on asennettu useita liitoksia yhteen pisteeseen. Vaikka maadoituskiskoa X03 voidaan pitää lisämaadoituskiskona, joille standardissa ei esitetä vastaavaa vaatimusta (saatikka tehdä erottelua PMK – LMK välillä), tulisi silti etenkin tilan ominaisuuksien vuoksi harkita maadoituskiskon uusimista niin, että jokainen kiskoon yhdistetty johdin on erikseen työkalulla irrotettavissa.

Koska KPA3 siilon maadoituskisko 3X332 liittyy maadoitusjärjestelmään vain perusmaadoituksen kautta, olisi se suositeltavaa liittää kiskoon 3X334 erillisellä maadoitusjohtimella alueen kiskojen välisten yhteyksien parantamiseksi.

KPA4 siilon maadoituskisko 3BAW52 on yhdistetty perusmaahan loppupiirustuksesta poiketen vain yhdestä pisteestä. Tästä ei ole varsinaista haittaa maadoituksen toimivuuden kannalta, mutta toiminnan varmistamiseksi on suositeltavaa tehdä yhdistys kahteen pisteeseen. Kattilalle vievän kuljettimen alapään vierestä löytyy piste, johon liitäntä voitaisiin tehdä.

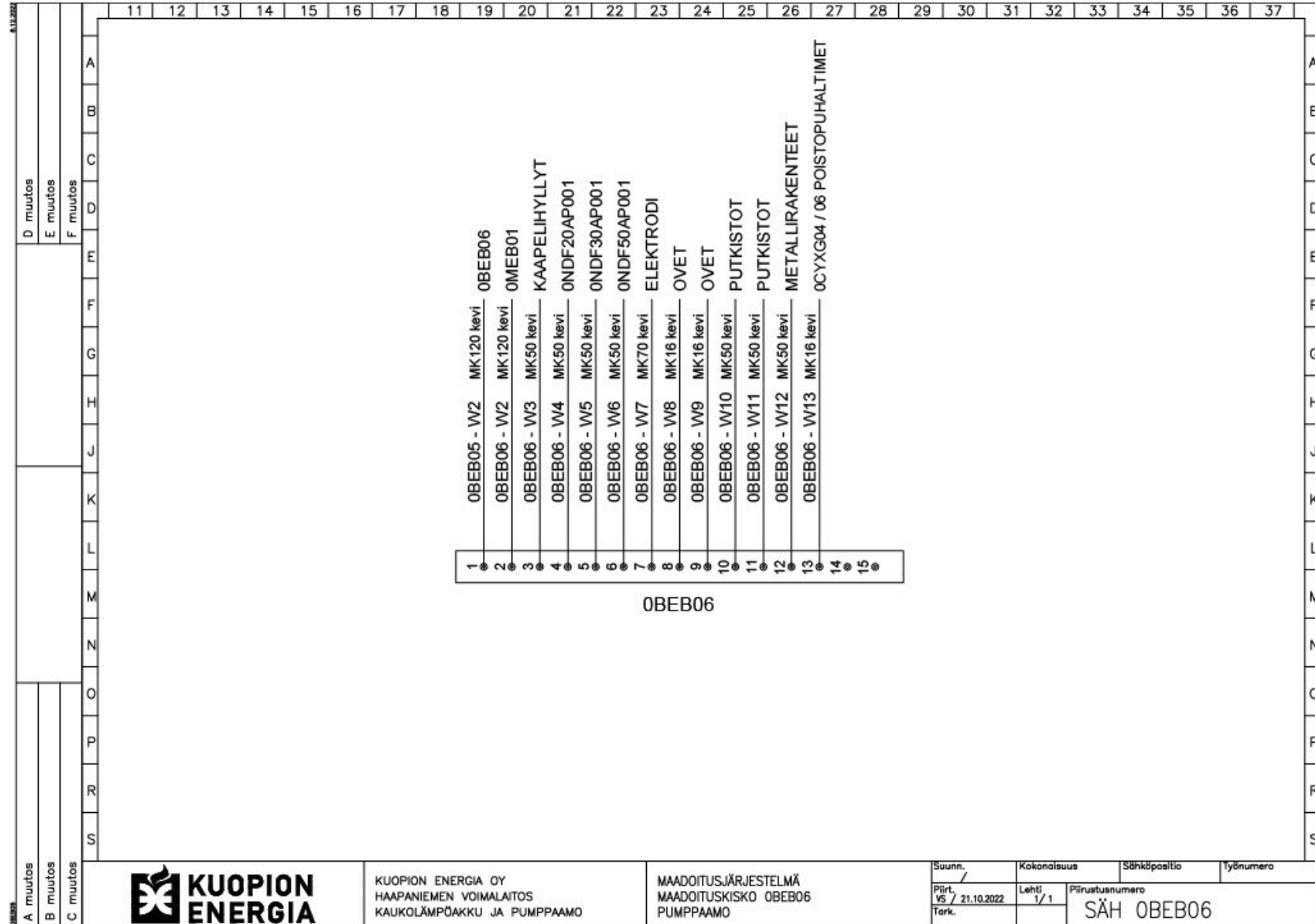


Kuva 3. Piste (osoitettu nuolella), jossa KPA3 siilon alla perusmaadoituksen kupari nousee lattiasta.

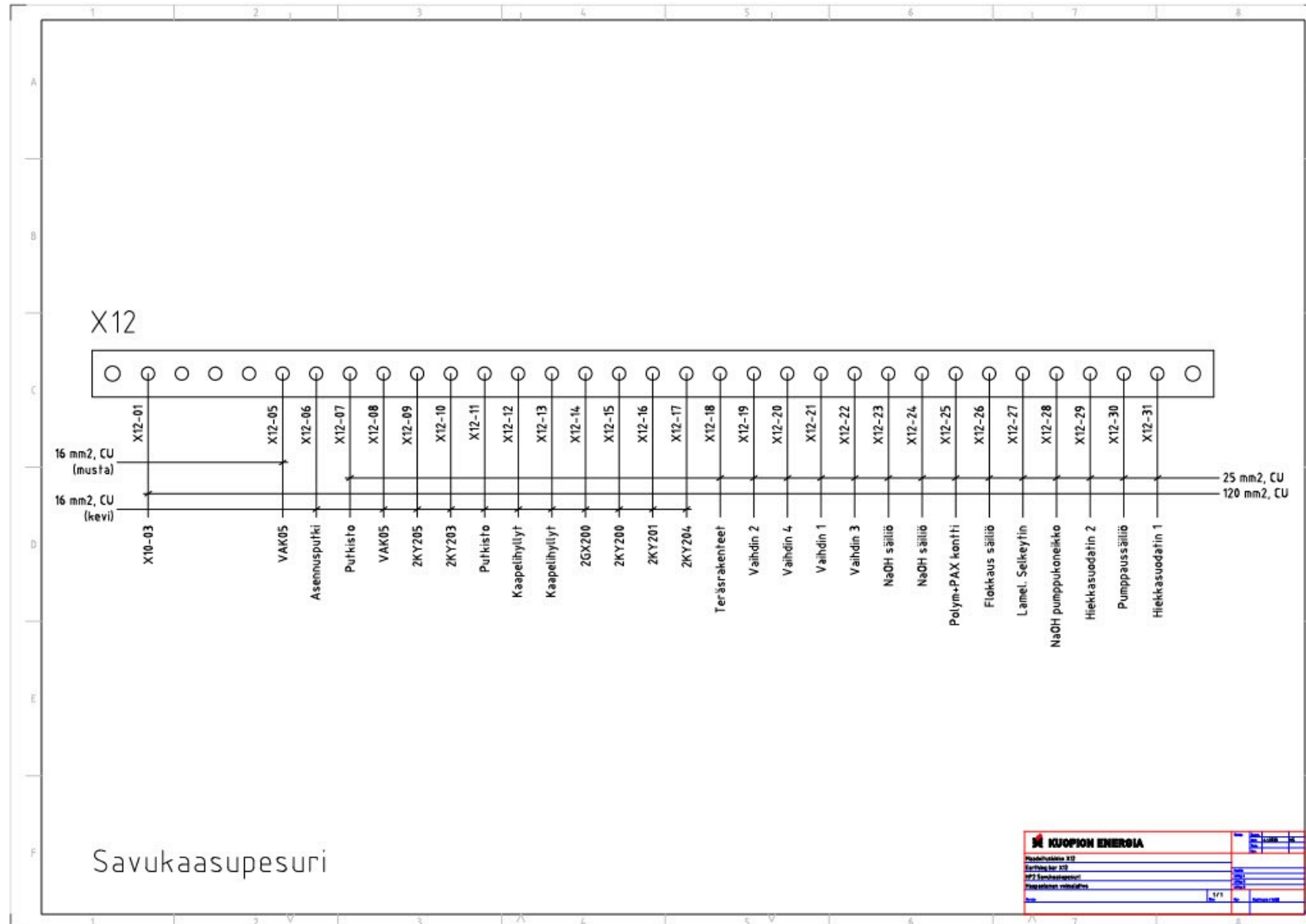
Kaukolämpöpumppaamon päämaadoituskiskon OMEB01 ja näytteenottohallin maadoituskiskon 0BAW01 osalta olisi suositeltavaa selvittää mahdollisuuksia lisätä kiskoille erillinen maadoitusjohdin kiskojen ja laitoksen maadoitusjärjestelmän välille. Kaukolämpöakun ja -pumppaamon osalta päämaadoituskiskon OMEB01 liittäminen laitoksen maadoitusjärjestelmään (esim. HP3 päämaadoituskiskot 3BAW01/02) erillisellä maadoitusjohtimella olisi tehtävä, jotta voitaisiin todeta riittävä määrä muuntopiirejä yhdistäviä kaapeliyhteyksiä ja katsoa sen olevan osa laajaa maadoitusjärjestelmää. Mikäli näytteenottohallin maadoituskiskolta 0BAW01 on mahdollista vetää uusi maadoitusjohdin nousukaapelin mukana, olisi järkevää liittää se esimerkiksi HP2 savukaasupesurin muuntajatilän maadoituskiskoon X09.

Työn aikana havaittiin maadoitusjärjestelmässä huomattavan paljon puutteita kaapeleiden merkinnöissä, puutteita on projektin paikattu lisäämällä kaapelikylttejä, mutta jatkossa olisi syytä harkita vaihtoa kaapelikilpiin, joista selviäisi johtimen tunnus, paksuus ja liitäntäpisteet molemmissa päissä. Kilpiä voitaisiin lisätä esimerkiksi kunnossapitotarkastusten yhteydessä.

LIITE 4: KISKOKOHTAINEN KUVA (KL-AKKU)



LIITE 5: KISKOKOHTAINEN KUVA (HP2)



LIITE 8: MAADOITUSKISKOLUETTELO

 KUOPION ENERGIA		HAAPANIEMEN VOIMALAITOS			15.11.2022	
		SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOKUMENTOINTI				
		MAADOITUSKISKOLUETTELO				
Paketti: Valvotut Seiniä						
Pakkaus:						
RYT	LAITOS / ALUE	KILPITEKSTI / POSITIO	SIJAINTI	TASO	PIIRUSTUS.NRO	HUOM.
01	HP1	EB341	-	+93.60	PS20262_S2223	Valvomon sähkötila
02	HP1	EB346	-	+93.60	PS20262_S2223	Oven yläpuolella
03	HP1	EB402a	-	+97.70	PS20262_S2223	"Lukainen 2"
04	HP1	EB402e	-	+97.70	PS20262_S2223	Toimiston sähkökaappi
05	HP1	RE	-	+90.20	HP1_RELETILA	Kaapelihyllyt
06	HP1	TE	-	+90.20	HP1_RELETILA	Kaapelihyllyt
07	HP1	1BAW01	-	-	3BAW-1_18_M1	HP1 Turbiinin TP-huone
08	HP1	1BAW02	-	+92.60	HP1_1BAW02	10kV kytkintilan alapuolella
09	HP1	1BAW03 (H1)	-	+93.60	HPI_1BAW03 (PS20262_S2223)	HP3 ja turbiinialin kulma
10	HP1	1BAW51	-	+93.60	HP1_1BAW51	MA09 ja seinän välissä
11	HP1	1BAW52	-	+88.90	HP1_1BAW52	Pesuhallin yläpuolella
12	HP1	1BAW53 (RUC20)	-	+85.10	HP1_1BAW53	Pesuhallin viereinen varasto
13	Öljypumppaamo	1BAW54	-	-	HP1_1BAW54	
14	HP2	X01	-	+90.20	Maadoituskisko_X01_X02	
15	HP2	X02	-	+90.20	Maadoituskisko_X01_X02	
16	HP2	X03	-	-	Maadoituskisko_X03	
17	HP2	X04	-	+90.10	P00188093	Toimistorakennus 1. krs
18	HP2	X05	-	+103.60	P00188094	Kattilan etuseinän kulkutaso
19	HP2	X06	-	+85.10	P00188095	Tuhkakaljettimen välissä
20	HP2	X07	-	+85.10	P00188096	
21	HP2	X08	-	+85.10	Maadoituskisko_X08	
22	HP2	X09	-	+85.10	Maadoituskisko_X09	Luettelossa P00276593
23	HP2	X10	-	+85.10	Maadoituskisko_X10	Luettelossa P00276593
24	HP2	X11	-	+85.10	Maadoituskisko_X11	Luettelossa P00276593
25	HP2	X12	-	+85.10	Maadoituskisko_X12	Luettelossa P00276593
26	HP2	X13	-	+85.10	Maadoituskisko_X13	Ulkokontin takana
27	HP2 toimisto	EB - JK11	-	+85.10	4294-S2223	
28	HP2 toimisto	EB - JK21	-	+90.10	4294-S2223	
29	HP2 toimisto	EB - JK31	-	+93.60	4294-S2223	
30	HP2 toimisto	LPT311	-	+93.60	4294-S2223	Oven yläpuolella
31	HP2 toimisto	EB - JK41	-	+97.70	4294-S2223	
32	KPA3	3X331	-	+87.60	30200200	
33	KPA3	3X331.1	-	+87.60	30200200	
34	KPA3	TE (3X331)	-	+87.60	30200200	
35	KPA3	3X332	-	+80.00	30200200	Sillon alla
36	KPA3	3X333	-	+84.60	30200200	
37	KPA3	TE (3X333)	-	+84.60	30200200	
38	KPA3	3X334	-	+80.00	30200200	Sillon alla

		HAAPANIEMEN VOIMALAITOS				15.11.2022
		SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOKOKUMENTOINTI				
		MAADOTTUSKISKOLUETTELO				
<small>Projekti: Valtteri Saloniemi</small> <small>Tarkastajat:</small>						
REVI	LAITOS / ALUE	KILPITEKSTI / POSITIO	SIJAINTI	TASO	PiIRUSTUS.NRO	HUOM.
39	HP3	3BAW01	-	+89.65	3BAW-4_1_M2	
40	HP3	3BAW02	-	+89.65	3BAW-4_2_M2	
41	HP3	3BAW03	-	+95.10	3BAW-4_3	
42	HP3	3BAW05	-	+84.20	3BAW-4_5	Generaattorin alapuolella
43	HP3	3BAW06	-	-	3BAW-4_6_M1	
44	HP3	3BAW07	-	+93.60	3BAW-4_7_M1	
45	HP3	3BAW08	-	-	3BAW-4_8_M1	OBTO1
46	HP3	3BAW09	-	-	3BAW-4_9_M1	3BATO1
47	HP3	3BAW51	-	+95.10	3BAW-4_11	
48	HP3	3BAW53	-	+89.65	3BAW-4_13_M1	
49	HP3	3BAW55	-	+98.90	3BAW-4_15_M1	
50	HP3	3BAW64	-	+91.20	3BAW-4_3BAW64	
51	HP3	3BAW65	-	+86.10	3BAW-4_3BAW65	
52	HP3	3BAW66	-	+112.20	3BAW-4_3BAW66	
53	HP3	3BAW67	-	+86.60	3BAW-4_3BAW67	
54	HP3	3BAW91	-	+95.10	3BAW-4_16	
55	HP3	EB - 3BLH	-	+85.10	PUUTTUU	Turbiinisalin alakerta
56	KPA4	3BAW10	-	+88.20	BMHPN3-3B-2002_L01	
57	KPA4	3BAW92	-	+88.20	BMHPN3-3B-2002_L01	
58	KPA1	1BAW10	-	-	1BAW10	KPA1 viereinen rappu
59	KPA4	3BAW52	-	+82.80	BMHPN3-3B-2002_L02	Sillon alla
60	KPA4	3BAW56	-	+82.80	BMHPN3-3B-2002_L03	Vastaanoton aliosa
61	KL-AKKU	0MEB01	-	+87.50	0MEB01	
62	KL-AKKU	0BTE10	-	+87.50	0BTE10	
63	KL-AKKU	0EBE02	-	+87.50	0EBE02	
64	KL-AKKU	0EBE03	-	+87.50	0EBE03	
65	KL-AKKU	0EBE04	-	+87.50	0EBE04	
66	KL-AKKU	0EBE05	-	+87.40	0EBE05	
67	KL-AKKU	0EBE06	-	+87.40	0EBE06	
68	VESELABRA	X15	-	+101.50	X15_X16_Vesilabra	CDI, kaapelihyllyn päällä
69	VESELABRA	X16	-	+101.50	X15_X16_Vesilabra	RK11 vieressä, kaapelihyllyllä
70	VÄLIVARASTO	X14	-	-	Maadottuskisko_X14	
71	Näytteenottohalli	0BAW01	-	-	0BJL01BU001	
72						