

**SÄHKÖRADAN TYÖNAIKAISET MAADOITUKSET JA
PALUUVIRTATIED**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK Valkeakoski, Sähkö- ja automaatiotekniikka

Kevät, 2019

Niko Piittinen

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Valkeakoski

Tekijä	Niko Piittinen	Vuosi 2019
Työn nimi	Sähköradan työnaikaiset maadoitukset ja paluuvirtatiet	
Työn ohjaaja/t	Osmo Huhtala	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tilaajana toimii NRC Group Finland Oy. Tämä opinnäytetyö kertoo radan eri urakoitsijoille sähköradan rakenteesta, pääpainona maadoitukset ja paluuvirtatiet. Opinnäytetyön keskeisin tehtävä on tarjota tietoa työnaikaisista maadoituksista ja paluuvirtateistä.

Opinnäytetyö pohjautuu suurimmilta osin Väyläviraston julkaisemiin ohjeisiin. Työnaikaisista maadoituksista ja paluuvirtateistä ei ole kattavaa ohjeistusta, joten tämän työn tarkoituksena on tuottaa sellainen.

Opinnäytetyössä on pyritty kertomaan sähkörataan liittyvistä maadoituksista ja paluuvirtateistä siten, että se palvelee muitakin kuin sähköasentajia. Työllä lisätään tietoisuutta ratatyömailla esiintyviä paluuvirtateitä ja maadoituksia kohtaan. Kaikki ratatyömailla työskentelevät henkilöt eivät välttämättä tunne sähköradan maadoitusten ja paluuvirtateiden toimintaa, jolloin työmailla saattaa syntyä sähköturvallisuusriskejä rikkoutuneiden tai irrotettujen maadoitusten ja paluuvirtateiden takia.

Avainsanat maadoitus, paluuvirtatie, sähkörata

Sivut 35 sivua, joista liitteitä 1 sivu

Electrical and Automation Engineering
Valkeakoski

Author	Niko Piittinen	Year 2019
Subject	Temporary groundings and return current paths of electric railways	
Supervisors	Osmo Huhtala	

ABSTRACT

The commissioner of this thesis was NRC Group Finland. This thesis informs the different contractors in railways about the construction structure of an electric railway, emphasizing the groundings and return current paths. The main aim in this project was to provide information on temporary groundings and return current paths.

This thesis is widely based on instructions published by the Finnish Transport Infrastructure Agency. There are no comprehensive instructions about temporary groundings and return current paths, so this thesis intends to provide these instructions.

This project aimed to provide information on the groundings and return current paths of an electric railway also to people who are not familiar with electricity. This paper gives additional information on the groundings and return current paths at railway work sites. At railway work sites, not every person is necessarily familiar with the operation of the groundings and return current paths, which may lead to electrical safety risks because of broken or detached groundings and return current paths.

Keywords earthing, electric railway, return current path

Pages 35 pages, including 1 appendice

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	RAUTATIET SUOMESSA.....	2
3	SÄHKÖRATA.....	4
3.1	Sähköradan rakenne	4
3.2	Sähköratajärjestelmän toiminta.....	5
3.2.1	Syöttöasemat.....	5
3.2.2	Välikytkinasema.....	6
3.2.3	Erotusjakso	7
3.2.4	1 x 25 kV järjestelmä	7
3.2.5	2 x 25 kV järjestelmä	8
3.2.6	Imumuuntajat.....	10
3.2.7	Säästömuuntajat	11
3.2.8	Ratajohto	12
3.2.9	Raidevirtapiiri	14
3.2.10	Akselinlaskentajärjestelmä.....	15
3.2.11	Paluuvirtatie	15
3.3	Sähköradan johtimet.....	15
3.3.1	M-johdin	15
3.3.2	Reduktiojohdin	16
3.3.3	Kiskonvarmistusjohdin	16
3.3.4	Muita johtimia	17
4	SÄHKÖRADAN MAADOITUKSET.....	17
4.1	Suunnittelu	17
4.2	Suojamaadoitukset.....	18
4.3	Sähköradan käyttömaadoitukset	20
4.4	Sähkörataan kuulumattomien rakenteiden maadoitukset.....	21
5	SÄHKÖRADAN PALUUVIRTATIET	22
5.1	Paluukisko.....	22
5.2	Paluuvirtatie 1 x 25 kV järjestelmässä	22
5.3	Paluuvirtatie 2 x 25 kV järjestelmässä	22
5.4	Poikittaisyhdistykset.....	23
6	TYÖNAIKAISET SUOJAMAADOITUKSET.....	23
6.1	Maadoitustarpeen arviointi	23
6.2	Työnaikainen suojamaadoitussuunnittelu	23
6.3	Maadoituskiskon valinta	24
6.4	Työnaikainen suojamaadoittaminen.....	24
7	TYÖNAIKAISET KÄYTTÖMAADOITUKSET	28
7.1	Työnaikainen käyttömaadoitussuunnittelu	28

7.2	Työnaikainen käyttömaadoittaminen	28
8	TYÖNAIKAISET PALUUVIRTATIET	29
8.1	Työnaikainen paluuvirtatiesuunnittelu	29
8.2	Työnaikainen paluuvirtatie.....	29
9	MAADOITUKSIEN MITTAUKSET JA PALUUVIRTATIEN JATKUVUUDEN VARMISTAMINEN	30
9.1	Maadoitusten mittaaminen	30
9.2	Maadoitusmittauspöytäkirjat	30
9.3	Paluuvirtatien jatkuvuuden varmistaminen.....	31
10	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	33

Liitteet

Liite 1 Maadoitusluettelo

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda NRC Group Finland Oy:lle (ent. VR Track Oy) yhtiötasoinen ohjeistus liittyen työnaikaisiin maadoituksiin ja paluuvirtateihin. Nykyiset ohjeistukset käsittelevät pääasiassa pysyviä, eli lopullisia maadoituksia ja paluuvirtateitä.

Opinnäytetyö palvelee sähkörataympäristössä urakoivia henkilöitä. Opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa eri toimijoille, kuinka maadoituksiin ja paluuvirtateihin tulee suhtautua rakennusvaiheessa.

Tässä opinnäytetyössä on pyritty kertomaan sähköradan suoja- ja käyttömaadoituksista ja paluuvirtateistä, keskittyen työnaikaiseen tilanteeseen. Rakentamisvaiheessa olevilla työmailla usein urakoitsijat ja urakka-alueet voivat vaihdella hyvinkin nopeasti, jolloin saattaa syntyä sekaannuksia ja epäselvyyksiä. Tämän ohjeistuksen avulla on tarkoitus selventää suoja- ja käyttömaadoitusten tarvetta, sekä parantaa käsitystä maadoitusten toiminnasta. Paluuvirtatie on tärkeä osa sähkörataa, joten myös sitä käsitellään tässä työssä.

Työn tehtävänä on kertoa sähköradan maadoituksista ja paluuvirtateistä siten, että urakoitsija voi käyttää ohjeistusta apunaan työkohteissa, vaikka ei tuntisikaan sähköalaa.

Työssä ei käsitellä syvällisesti sähkörataan liittyviä muita asennuksia, vaan työn sisältö on rajattu käsittelemään pääasiassa työnaikaisia sähköratamaadoituksia ja paluuvirtateitä. Työssä ei käsitellä sähkörataan kuulumattomien rakenteiden tai laitteiden maadoittamista, eikä myöskään työalueen suojaamiseen käytettäviä työmaadoituksia. Työ pohjautuu pitkälti Väyläviraston (ent. Liikennevirasto) julkaisemiin ohjeistuksiin.

2 RAUTATIET SUOMESSA

Vuoden 2016 lopussa liikennöidyn rataverkon pituus oli 5 926 kilometriä. Yksiraiteista rataa oli 5 280 kilometriä. Radasta oli sähköistetty 3 207 kilometriä. Kuvassa 1 on esitetty valtion rataverkko vuoden 2019 alussa. (Väylävirasto, 2019)

Raideleveys on Suomessa 1524 mm, kun suurimmassa osassa Eurooppaa on käytössä 1435 mm. Jännite sähköradalla on 25 kV ja taajuus 50 Hz. (Väylävirasto, 2019)

Vuonna 2018 Väyläviraston hallinnoimasta rataverkosta oli sähköistetty noin 55 %. Syöttöasemia on 88, ja sähkörataverkossa siirtyvä sähköenergia on noin 780 GWh vuodessa, joka vastaa noin yhtä prosenttia Suomen vuotuisesta sähköenergian kulutuksesta. Ratasähköä ei käytetä pääsääntöisesti muuhun, kuin junaliikenteen tarpeisiin. (Liikennevirasto, 2018, s. 4)

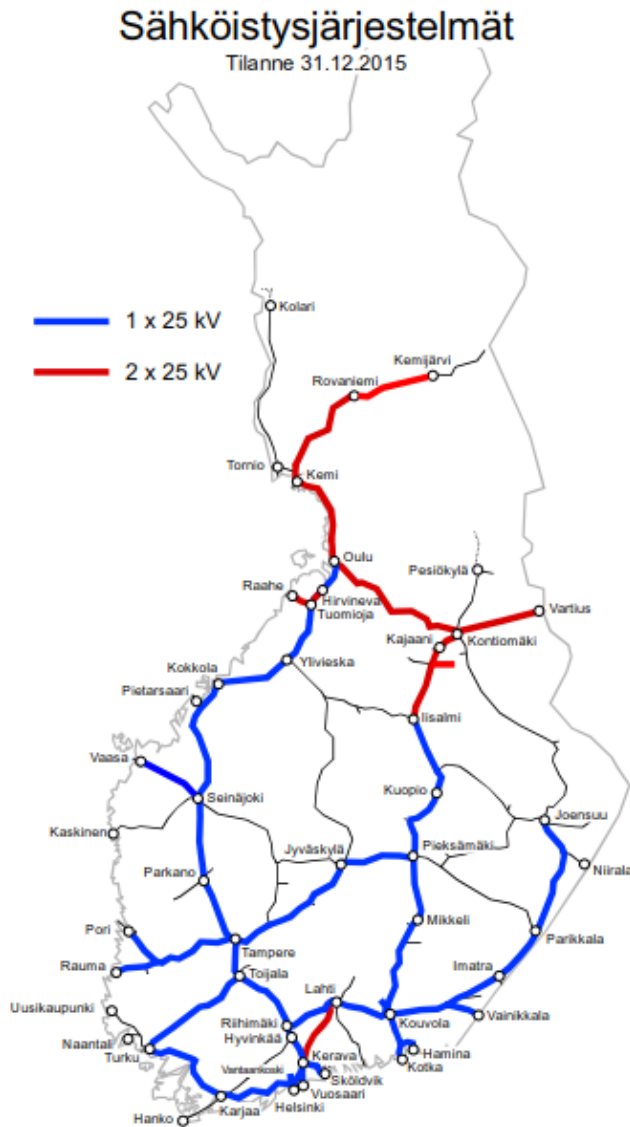
3 SÄHKÖRATA

3.1 Sähköradan rakenne

Suomessa on käytössä kaksi sähköradan sähköistysjärjestelmää; 1 x 25 kV ja uudempi 2 x 25 kV. Sähköradan taajuus on 50 Hz. Sähkörata koostuu monista eri osatekijöistä, kuten esimerkiksi ratajohdon johtimista ja niiden kannatusrakenteista, syöttö- ja välilytkinasemista, imumuuntajista, radanvarsisäästömuuntajista sekä eristimistä ja erottimista. Sähkörataan kuuluu edellä mainittujen lisäksi myös kiskot sähköisellä rataosuudella, ja erilaiset suojamaadoitusjohtimet, joilla maadoitetaan sähköradan läheisyydessä olevat metallirakenteet. (Fränti, 2010, s.13)

1 x 25 kV järjestelmässä käytetään imumuuntajia, ja 2 x 25 kV järjestelmässä säästömuuntajia. Sähköratarakenteeseen luetaan myös syöttöasemien kaukokäyttökeskukset. (Fränti, 2010, s.13)

Sähköistysjärjestelmän valintaan vaikuttaa taloudelliset perusteet ottaen huomioon syöttöasemien liityntämahdollisuudet 110 kV verkkoon. Kuvassa 2 on sähköistysjärjestelmät vuoden 2015 lopussa. (Liikennevirasto, 2018, s. 21)



Kuva 2. Sähköistysjärjestelmät (Liikennevirasto 2016, liite 1).

3.2 Sähköratajärjestelmän toiminta

3.2.1 Syöttöasemat

Sähköradan käyttöenergia tulee 110 kV kantaverkosta syöttöasemien avulla. Syöttöasemille tuleva sähkö tulee 110 kV liittymästä, jonka omistaa Väylävirasto. Liityntä on kytketty joko Fingridin tai alueellisen jakeluverkon 110 kV johtoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 4)

1 x 25 kV järjestelmässä syöttöasema syöttää ajojohtimeen 25 kV, 2 x 25 kV järjestelmässä syöttöasema syöttää lisäksi vastajohtimeen -25 kV (Fränti, 2010, s. 15).

3.2.2 Välikytkinasema

Syöttöasemien etäisyys toisistaan on 35-50 kilometriä 1 x 25 kV järjestelmässä. 2 x 25 kV järjestelmässä etäisyys saattaa olla jopa 90 kilometriä. Syöttöasemien väliin voidaan sijoittaa välikytkinasema pitkillä etäisyyksillä. Välikytkinasema on kytkimiä sisältävä kytkinlaitos, jonka tarkoituksena on parantaa sähköradan suojausta ja käyttöominaisuuksia. Välikytkinasema voidaan myös korvata kauko-ohjatulla erottimella. (Fränti, 2010, s. 19).

Kuvassa 3 on esitetty Riihimäellä sijaitseva välikytkinasema. Välikytkinasemalta lähtee poikittaiset kytkentäjohdot ratajohtoihin.



Kuva 3. Välikytkinasema

3.2.3 Erotusjakso

Erotusjaksoa käytetään erottamaan kaksi eri syöttöaluetta toisistaan. Erotusjaksossa on lyhyt eristyskohta ajolangassa, joka on maadoitettu. Erotusjakson molemmille puolille sijoitetaan rataan magneetit, jotka avaavat sähköjunan pääkytkimen erotusjakson yliajamisen ajaksi. Kuvassa 4 on erotusjakso Riihimäen eteläpuolella. (Liikennevirasto, 2018, s. 50)



Kuva 4. Erotusjakso

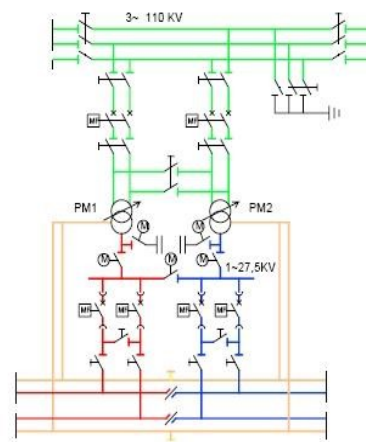
3.2.4 1 x 25 kV järjestelmä

Sähkökäyttöinen kalusto tarvitsee tehoa. 1 x 25 kV järjestelmässä eli imumuuntajajärjestelmässä teho otetaan syöttöasemalta, joka syöttää

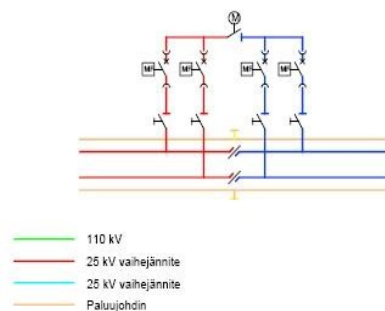
ajojohdinta. Virta otetaan ajolangasta virroittimen avulla sähkömoottoreihin. Virta etenee ajolangasta kalustoon, kalustosta kiskoihin, jonka jälkeen virta siirretään imumuuntajien avulla paluujohtimeen, mistä se etenee takaisin syöttöasemalle. (Fränti, 2010, s. 20)

1 x 25 kV järjestelmässä ei aina välttämättä tarvitse käyttää imumuuntajia kiskopotentiaalain tai häiriöiden rajoittamiseen. Tällaisissa tapauksissa paluuvirtatietä vahvistetaan reduktiojohtimella. Suomen huonosti johtavan maaperän takia, paluuvirran aiheuttamat häiriöt usein estävät reduktiojohtimen käytön. Kuvassa 5 on havainnollistettu 1 x 25 kV järjestelmän syöttöasema ja välilytkinasema. (Ratahallintokeskus, 2005, s. 12)

JÄRJESTELMÄN 25 KV SYÖTTÖASEMA



JÄRJESTELMÄN 25 KV VÄLIKYTKINASEMA



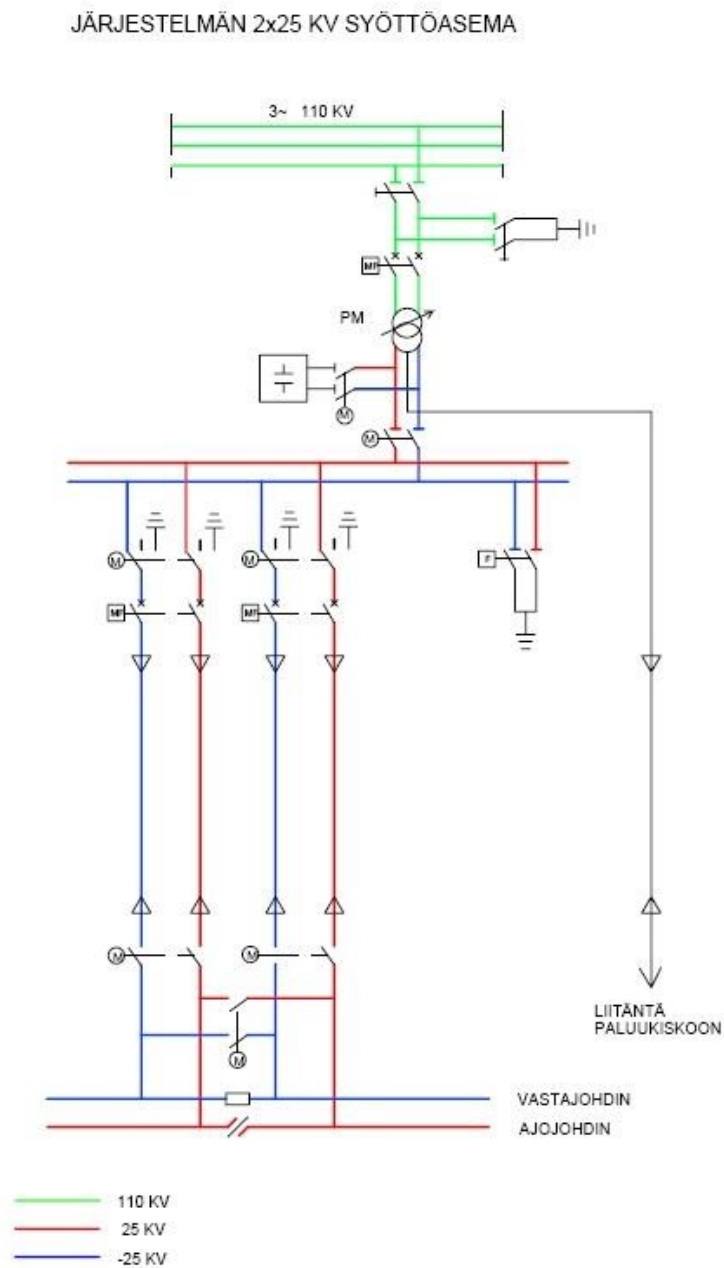
Kuva 5. Syöttö- ja välilytkinasema järj. 25 kV (Liikennevirasto 2016, liite 8).

3.2.5 2 x 25 kV järjestelmä

2 x 25 kV järjestelmässä imumuuntajien tilalla käytetään säästömuuntajia. Paluuvirta kulkee paluukiskoa pitkin säästömuuntajille, ja siitä edelleen vastajohdinta pitkin takaisin syöttöasemalle. (Fränti, 2010, s. 16)

2 x 25 kV järjestelmää käytetään, koska suuremman siirtojännitteen ansiosta tehonsiirtokyky on paljon parempi, kuin imumuuntajajärjestelmässä. 2 x 25 kV järjestelmässä syöttöasemien välimatka voi olla pidempi. Kuvassa 6 on esitetty järjestelmän 2 x 25 kV syöttöasema. (Liikennevirasto, 2018, s. 22)

Turvallisuuden takia vastajohdin asennetaan radan puolelle pylvästä, portaaleilla varustetuilla ratapihoilla vastajohdin tulee asentaa portaaliorian päälle. Toista vastajohdinta käytetään, jos telejohtoihin tms. indusoituvia vaara- ja häiriöjännitteitä pitää pienentää. (Liikennevirasto, 2018, s. 23)



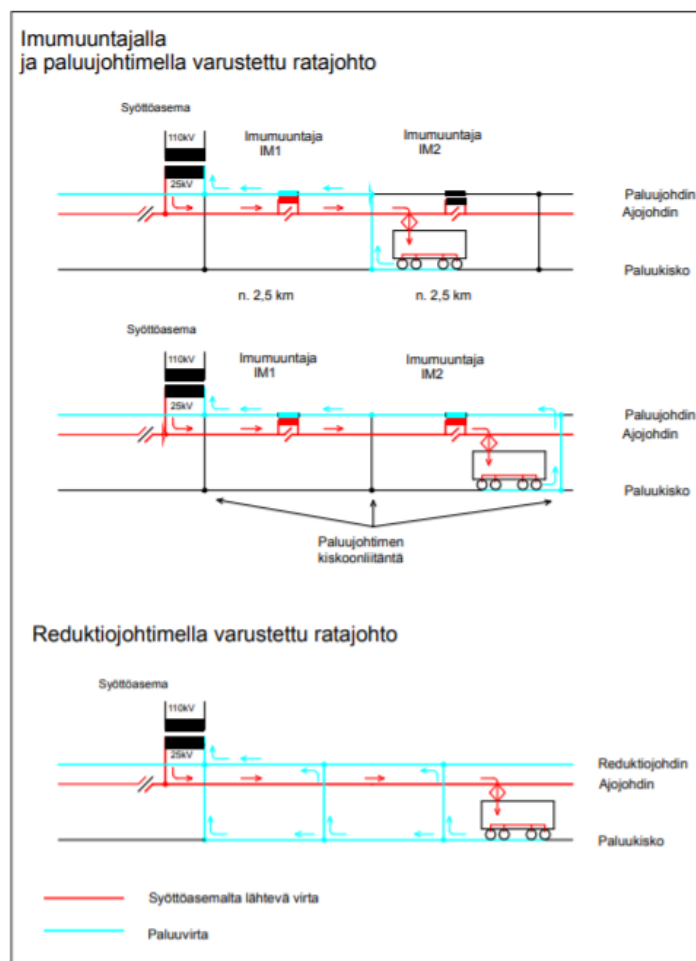
Kuva 6. Järjestelmän 2x25 kV syöttöasema (Liikennevirasto 2016, liite 9).

3.2.6 Imumuuntajat

Imumuuntajan tarkoituksena on vähentää paluuvirrasta aiheutuvia häiriöitä ja vaaroja. Imumuuntaja on virtamuuntaja, jonka muuntosuhde on 1:1. Imumuuntajan ensiöpuoli kytketään sarjaan ajojohtimen kanssa, ja toisiopuoli kytketään sarjaan paluujohtimen kanssa. Viestijohtoihin induoituneiden jännitteiden ja kiskopotentiaalien minimoimiseksi, imumuuntajien välimatka saa olla enintään 2,6 kilometriä. Paluujohtimien yhdistetään imumuuntajavälillä puolivälissä paluukiskoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 21)

Imumuuntajan pitää imeä kuormitusvirta lähes kokonaan, ja vikavirrasta suurin osa. Jos todetaan, että paluuvirran aiheuttamat haitat jäävät vähäisiksi, niin voidaan imumuuntajat jättää pois joiltain rataosilta. (Liikennevirasto, 2018, s.22)

Kuvassa 7 on havainnollistettu virran kulku 1 x 25 kV järjestelmässä, imumuuntajilla ja ilman imumuuntajia.



Kuva 7. Virran kulku tie syöttöaseman ja vetokaluston välillä järj. 25 kV (Liikennevirasto 2016, liite 4).

Kuvassa 8 näkyy kaksiraiteisen osuuden imumuuntajat Riihimäen eteläpuolella.



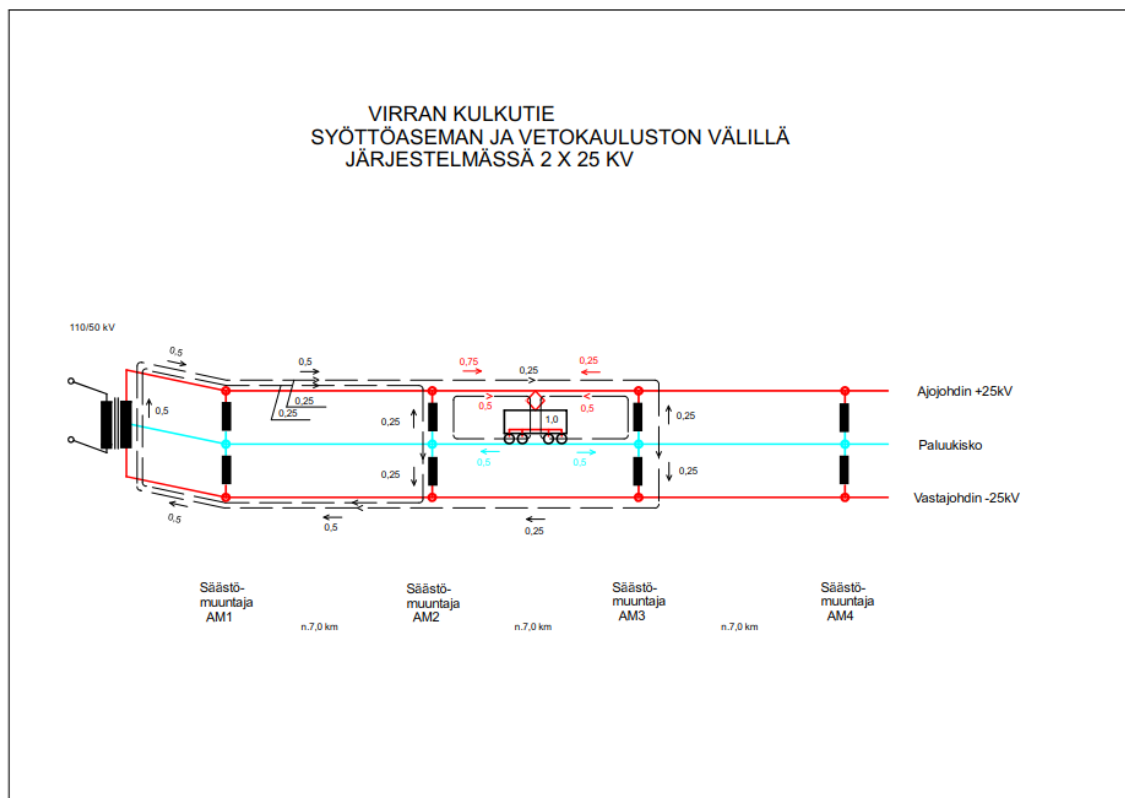
Kuva 8. Kaksiraiteisen osuuden imumuuntajat

3.2.7 Säätömuuntajat

2 x 25 kV järjestelmässä ratajohto varustetaan säästömuuntajalla ja vastajohtimella. Ajojohtimen ja vastajohtimen väliin kytketään 50 kV syöttömuuntajan toisiokäämi, ja paluukiskoon yhdistetään käämin keskipiste. Ajojohtimen ja vastajohtimen väliin radalle asennetaan säästömuuntajat,

joiden keskipiste kytketään paluukiskoon. Täten teho siirretään 50 kV jännitteellä ja sähkökäyttöinen kalusto saa 25 kV jännitteen. Järjestelmän tehonsiirtokyky on imumuuntajajärjestelmää parempi, koska siirtojännite on suurempi. Säästömuuntajat sijoitetaan enintään 7 kilometrin etäisyydelle toisistaan, jotta kiskopotentiaali ja indusoituneet jännitteet eivät kasva liian suuriksi. (Liikennevirasto, 2018, s. 22)

Kuvassa 9 havainnollistetaan, kuinka virta kulkee syöttöaseman ja vetokaluston välillä 2 x 25 kV järjestelmässä.



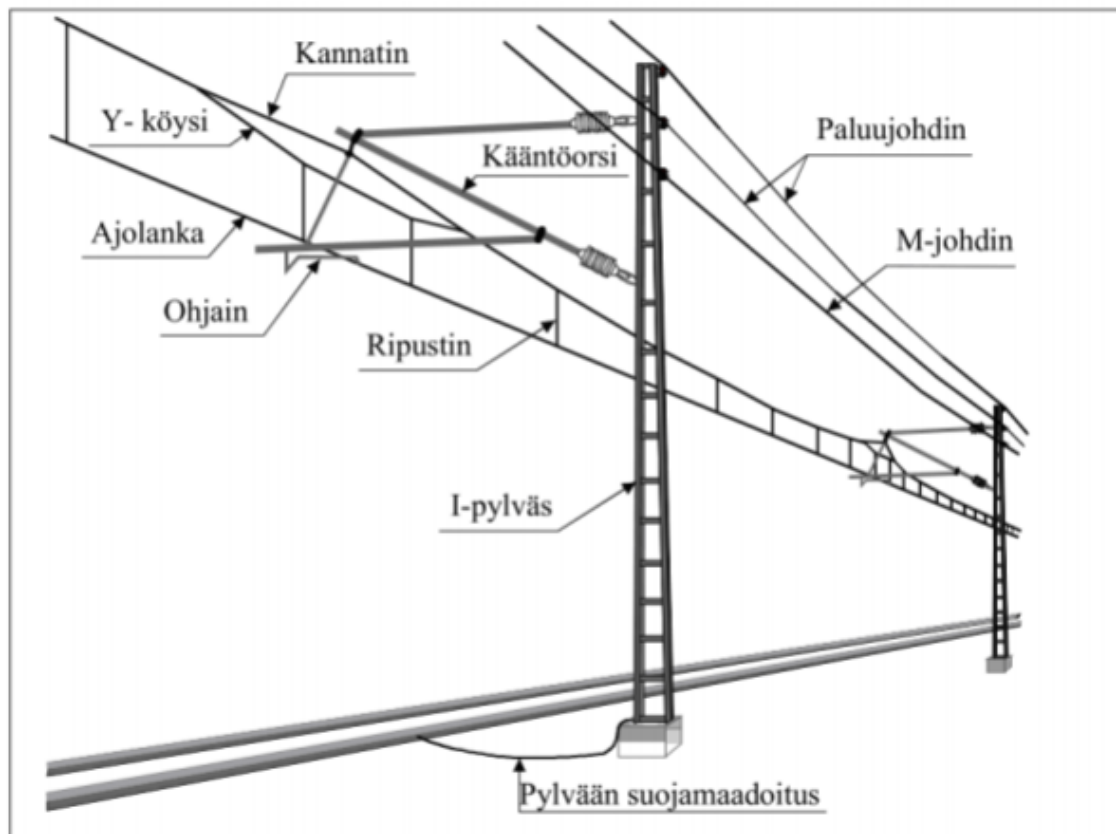
Kuva 9. Virran kulkutie syöttöaseman ja vetokaluston välillä järjestelmässä 2x25 kV (Liikennevirasto 2016, liite 5).

3.2.8 Ratajohto

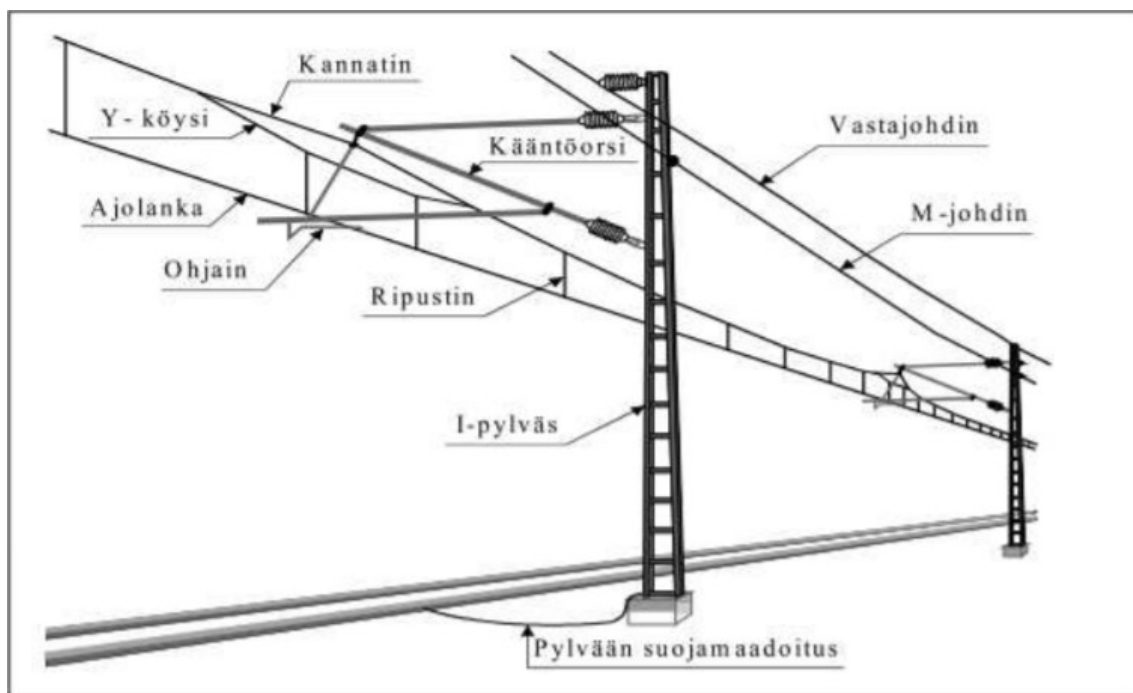
Ratajohto koostuu ajojohtimesta, mahdollisesta paluu- tai vastajohtimesta, sekä kannatusrakenteista ja varusteista. Ajojohtin koostuu radan yläpuolella olevasta ajolangasta ja kannattimesta, sekä ripustimista ja mahdollisesta Y-köydestä. (Liikennevirasto, 2018, s. 34)

Y-köyttä käytetään parantamaan ajojohtimen joustavuutta suurilla nopeuksilla.

Kuvassa 10 on järjestelmän 1 x 25 kV ratajohto ja kuvassa 11 on 2 x 25 kV järjestelmän ratajohto. 2 x 25 kV järjestelmässä vastajohtin on paluujohdinten tilalla.

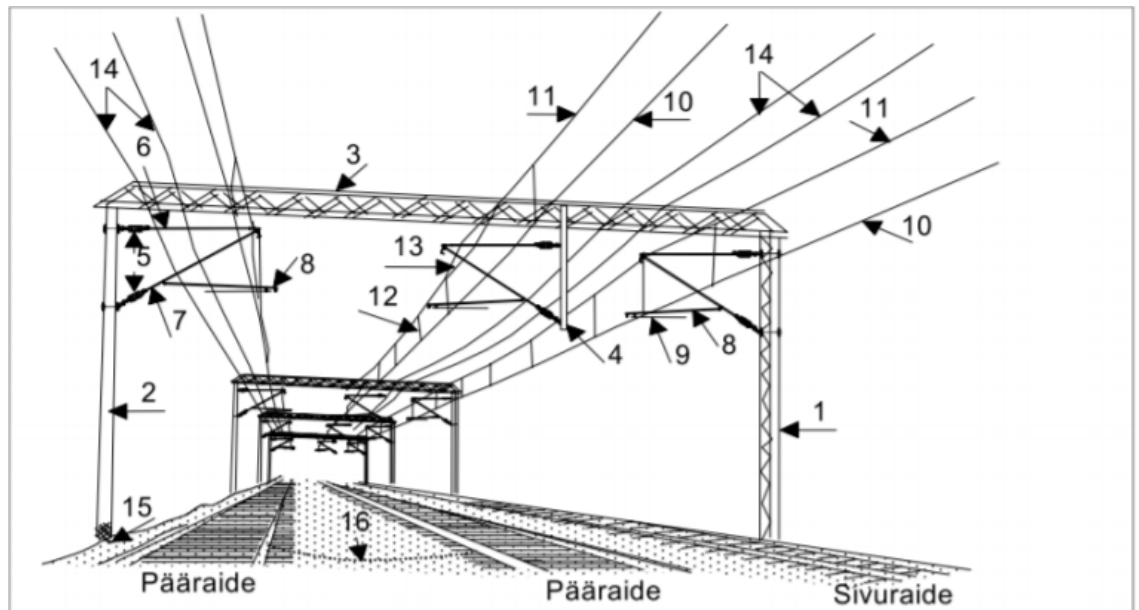


Kuva 10. Ratajohto avoradalla, järjestelmä 25 kV (Liikennevirasto 2018, s. 34).



Kuva 11. Ratajohto avoradalla, järjestelmä 2x25 kV (Liikennevirasto 2018, s. 35)

Kuvassa 12 on esitetty ratajohto ratapihalla. Kuvasta nähdään, että kääntöorsi koostuu eristimestä, ylätuesta, vinotuesta, sivutuesta ja ohjaimesta. Ajojohdin koostuu ajolangasta, kannattimesta, ripustimista ja mahdollisesta Y-köydestä.



1. Pylvään numero
2. Portaalin jalka
3. Portaalin orsi
4. Ripustusorsi
5. Eristin
6. Ylätuki
7. Vinotuki
8. Sivutuki
9. Ohjain

10. Ajolanka
11. Kannatin
12. Ripustin
13. Y-köysi
14. Paluujohdin
15. Pylvään maadoitus
16. Poikittaisyhdistys

5.-9.= Kääntöorsi 10.-13.= Ajojohdin

Kuva 12. Ratajohto ratapihalla, järjestelmä 25 kV (Liikennevirasto, 2018, s. 35)

3.2.9 Raidevirtapiiri

Raidevirtapiiri on virtapiiri, jonka avulla saadaan tietoa kiskoilla olevasta kaalustosta eristetyllä raideosuudella. Virtapiiri muodostuu eristetystä raideosuudesta, jännitelähteestä ja releen käämistä. Raidevirtapiiri voi olla yksi- tai kaksikiskoinen. Yksikiskoisessa raidevirtapiirissä vain toinen kisko on paluukisko, kaksikiskoisessa molemmat kiskot ovat paluukiskoja. (Liikennevirasto, 2018, s. 14)

3.2.10 Akselinlaskentajärjestelmä

Jos raideosuudella ei ole käytössä raidevirtapiiriä, niin käytetään akselinlaskentajärjestelmää. Akselinlaskentajärjestelmä valvoo raiteiden vapaaoloa raideosuuden päissä olevien laskentapisteiden välillä. Eli laskentajärjestelmä laskee raideosuudelle menevien akselien määrän, ja sieltä poistuvien akselien määrän. (Liikennevirasto, 2018, s. 10)

3.2.11 Paluuvirtatie

Sähköistetyllä rataosuudella toinen tai molemmat kiskot ovat paluuvirtatietä, ja tällöin osa sähköratajärjestelmää. Paluuvirtatien eheyteen tulee kiinnittää huomiota. Ratatöissä, joissa joudutaan katkaisemaan paluukisko, on ennen työn aloittamista huomioitava, että paluuvirralla on hyvin johtava kulkutie työalueen ohi. Ohitukset on toteutettava vähintään 25 mm²:n kuparijohtimella. (Liikennevirasto, 2016, s. 49)

Paluukiskon lisäksi paluuvirtatienä käytetään myös paluujohdinta. Standardin SFS 5701 mukaan paluujohtimena käytetään joko alumiinijohdinta AAC 107 tai AAC 201. Alumiinijohdinta AAC 107 käytetään myös M-, R- ja K-johtimena. (Liikennevirasto, 2018, s. 71)

Imumuuntajajärjestelmässä paluujohdin kytketään sarjaan imumuuntajan toisiopuolen kanssa. Paluujohdin liitetään paluukiskoon PKL-pylväällä imumuuntajavälin keskellä, enintään 1,3 kilometrin päässä imumuuntajasta. (Liikennevirasto, 2018, s. 66)

3.3 Sähköradan johtimet

3.3.1 M-johdin

M-johdinta käytetään pylväiden maadoittamiseen. Se asennetaan pylväessä paluujohtimen alapuolelle. M-johdin yhdistetään jokaiseen pylväeseen, ja enintään 215 metrin välein se maadoitetaan paluukiskoon MKL-pylväällä. Nykyään kohteissa, joissa olisi aiemmin käytetty K- tai R-johdinta, käytetään M-johdinta. K- ja R-johtimet voidaan muutostöiden aikana muuttaa M-johtimiksi. (Liikennevirasto, 2018, s. 66)

Kuvassa 13 näkyy asennettu M-johdin Riihimäellä.



Kuva 13. M-johdin

3.3.2 Reduktiojohdin

Reduktiojohdinta eli R-johdinta käytetään rataosilla, joissa imumuuntajat on jätetty pois. Reduktiojohdin asennetaan paluukiskon rinnalle impedanssin pienentämiseksi. Reduktiojohdin yhdistetään paluukiskoon varmistetusti RKL-pylväällä 300-500 metrin välein. Reduktiojohdinalueella jokainen pylväs maadoitetaan suoraan paluukiskoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 66)

3.3.3 Kiskonvarmistusjohdin

Kiskonvarmistusjohdinta eli K-johdinta käytetään rataosuuksilla, joissa paluuvirtatie koostuu vain yhdestä paluukiskosta. Kiskonvarmistusjohdin yhdistetään varmistetusti paluukiskoon KKL-pylväällä alueen päissä, sekä 300 metrin välein. Kiskonvarmistusjohdinalueella jokainen pylväs maadoitetaan suoraan paluukiskoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 66)

3.3.4 Muita johtimia

Sähkötajärjestelmään kuuluu paljon erilaisia johtimia. Sähkötajärjestelmällä kulkee ratajohtojohdinten lisäksi myös syöttö- ja ohitusjohtimia. Taulukossa 1 on esitetty yleisesti käytössä olevat johtimet, köydet ja langat.

Taulukko 1. Yhteenveto ratajohdossa käytetyistä johtimista (Liikennevirasto 2018, s. 67).

JOHDIN, KÖYSI JA LANKA	Koko mm ²	Standardi	Aine	Tunnus
Ajolanka	100 80	EN 50149 EN 50149	Kupari Kupari	
Kannatin	50 70	DIN 48201-2 DIN 48201-2	Pronssi Pronssi	50 Bz 70 Bz
Y- ja maadoitusköysi sekä ohjaimen köysi	25	SFS-EN 13602	Kupari	25 Cu
Ripustin - köysi - lanka 16 mm ²	10 16	DIN 43138 SFS-EN 13602	Tinapronssi Kupari	
25 kV virtaliitännät	120 (95) 120	DIN 43138 SFS-EN 13602	Kupari Kupari	120 (95) CuF 120 Cu
25 kV potentiaali-liitännät	25	DIN 43138	Kupari	25 CuF
Teräsköydet - harusköysi - ankkurointiköysi	25 52 52	SFS 5701 SFS 5701 SFS 5701	Sinkitty teräs Sinkitty teräs Sinkitty teräs	St 25 St 52 St 52
Kiristyspyörästäön köysi - Ø8 mm - Ø9 mm	26,5 50	BS 2 W 11 DIN 3051 Osa 1	Ruostumaton teräs Sinkitty teräs	56 PNC
Paluu- ja M-johdin sekä liitännät	107 201	SFS 5701 SFS 5701	Alumiini Alumiini	AAC 107 AAC 201
Syöttö- ja ohitusjohdin.	234	SFS 5701	Alumiini/Teräs	ACSR 201/33
Vastajohdin	177	SFS 5701	Alumiini/Teräs	ACSR 152/25
Ajolangan ja kannattimen välinen keski- ankkurointiköysi	50 70	DIN 48201-2 DIN 48201-2	Pronssi Pronssi	50 Bz 70 Bz

4 SÄHKÖRADAN MAADOITUKSET

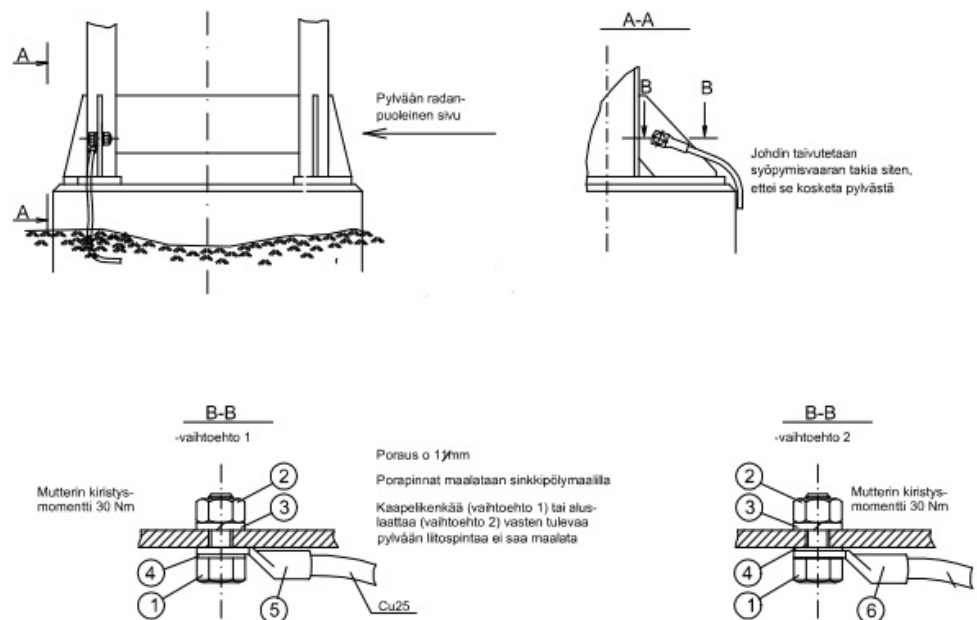
4.1 Suunnittelu

Sähkötajärjestelmän maadoitukseen sovelletaan standardin SFS 6001 perusperiaatteita. Standardissa asetetaan vaatimuksia maadoitusrakenteille, joita ovat

mm. edellytys, että maadoitukset ovat korroosionkestäviä ja ne toteutetaan riittävällä lujuudella. Maadoituksen täytyy kestää termisesti suurin sen kautta kulkeva oikosulkuvirta, sekä ulkoisia rasituksia. Maadoitukset tulee rakentaa siten, että maasulkutilanteessa uhkaavia tulipaloja tai pahoja laitteistovaurioita ei aiheudu välittömästi. (Ratahallintokeskus, 2005, s. 19)

4.2 Suojamaadoitukset

Suojamaadoitettavia kohteita ovat esimerkiksi ratajohtopylväät, sekä sillat ja laiturikatokset, joilla on riski tulla jännitteellisiksi. Suojamaadoitus tehdään yhdistämällä rakenne galvaanisesti suoraan paluukiskoon, tai M-johdtimeen välityksellä. Kuvassa 14 on esitetty suojamaadoituksen rakentaminen ratapylväällä. (Liikennevirasto, 2018, s. 82)



Kuva 14. Maadoitusliitännä pylväeseen (Liikennevirasto 2010, liite 8).

Varsinaisesti jännitteelle alttiiden osien lisäksi rakenteet, jotka voivat levittää pudonneen tai sinkoutuneen osan potentiaalia vikakohtasta kauemmaksi, on suojamaadoitettava paluukiskoon tai M-johtimeen. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi metalliverkkoaidat. (Liikennevirasto, 2018, s. 82)

Joissain kohteissa vaaditaan varmistettua maadoitusta, joka tulee toteuttaa vähintään kahdella sähköiset ja mekaaniset vaatimukset yksinään täytävällä maadoitusjohtimella. M-johtimen kautta tehtyä maadoitusta pidetään varmistettuna, joten varmistettu maadoitus voidaan tehdä M-johdinalueella yhdellä liitännäjohtimella. (Liikennevirasto, 2018, s. 82)

Sähköradan suojamaadoitukset tehdään 25 mm²:n kuparijohtimella tai vastaavalla, ellei toisin ole määrätty. Kiskoliitännät tehdään vähintään 50 mm²:n kuparijohtimella koko matkalta kiskon ja maadoitettavan kohteen välillä. Varkauksien välttämiseksi 50 mm²:n seostamatonta kuparijohtinta ei saa käyttää ilman Väyläviraston lupaa. Suojamaadoitukset merkitään kilvillä maadoitusliittimiin. Merkinnässä tulee olla tiedot maadoitettavasta rakenteesta ja sen paluukiskoliitännästä. (Liikennevirasto, 2018, s. 83)

Kuvassa 15 on nähtävillä lopullinen suojamaadoitus. Suojamaadoitusjohdin on 50 mm²:n rautakuparia, joka kulkee maan alla sähköratapylväältä paluukiskoon. Paluukiskoon on porattu reikä, johon maadoituskenkä on kiinnitetty. Suojamaadoitusjohdin on merkitty kiskon päässä kilvin, SR-pylväsmäa tarkoittaa sähköratapylvään maadoitusta, ja metallisesta kilvestä käy ilmi maadoitetun pylvään tunnus.



Kuva 15. Sähköratapylvään suojamaadoitus paluukiskossa.

4.3 Sähköradan käyttömaadoitukset

Virtapiirin maadoittamista niin, että käyttövirta kulkee maadoituksen kautta, kutsutaan käyttömaadoitukseksi. Käyttömaadoituksia sähköradalla ovat paluujohtimen kiskoon liitettä (PKL-pylväs), vaihteenlämmitysmuuntajan, vaununlämmitysmuuntajan ja vaununlämmityspostien maadoitukset, 2 x 25 kV järjestelmän syöttömuuntajan keskipisteen ja säästömuuntajan maadoitus, sekä välikytkinaseman maadoitus. Käyttömaadoitusjohtimen tai -johtimien katkaisu saattaa aiheuttaa katkeaman päiden välille hengenvaarallisen jännitteen. (Liikennevirasto, 2018, s. 25)

Käyttömaadoitusten liityntäpylväät on aina yhdistettävä paluukiskoon kolmella maadoitusjohtimella, joista yksi sijoitetaan maan pintaan. Jos raitteita on useita, niin maadoitus tehdään eri raiteiden paluukiskoon. Akselinlaskentajärjestelmän alueella yksiraiteisella rataosuudella yksi maadoitusjohdin liitetään raiteen kauempaan kiskoon, (b-kiskoon) ja toiset pylvästä lähempään kiskoon (a-kiskoon). Käyttömaadoitukset tulee merkitä maadoitusliittimiin kiinnitettävillä sinisillä kilvillä, josta käy ilmi maadoitettavan pylvään tunnus. PKL-pylväs merkitään maastossa maalaamalla sininen rengas pylvään ympäri kahden metrin korkeudelle perustuksen pinnasta. (Liikennevirasto, 2018, s. 25)

Kuvassa 16 nähdään PKL-pylväs, jonka tunnistaa pylvään ympärille maalausta sinisestä renkaasta. Pylvään yläpäässä paluujohtimet ovat liitetty pylväeseen, ja alapäästä lähtee kolme maadoitusjohdinta paluukiskoon.



Kuva 16. PKL-pylväs

4.4 Sähköraatan kuulumattomien rakenteiden maadoitukset

Väyläviraston (2018, s. 82) mukaan metalliset rakenteet suojamaadoitetaan paluukiskoon mm. seuraavissa tapauksissa:

- rakenne on sivusuunnassa alle 5 metrin päässä sähköistetyn raiteen keskiviivasta
- rakenne on sää- ja kuormatiloissa alle 2,5 metrin päässä 25 kV jännitteisestä osasta
- rakenne on sää- ja kuormatiloissa sivusuunnassa alle 1,5 metrin päässä paluujohtimesta

- kiskopotentialista aiheutuvan kosketusjännitteen ylittäessä sallitun rajan, rakenne on alle kosketusetäisyydellä (2,5 m) paluukiskoon maadoitetusta paljaasta metalliosasta, tai alle 3 metrin päässä maan sisäistä maasta eristämättömistä metalli- ja betoniosista.

Edellä mainittuja etäisyysrajoja sovellettaessa tulee huomioida 25 kV kanalta junan virroittimen heilahdus, kääntöorren jännitteiset osat ja ajojohdinten siksak. (Liikennevirasto, 2018, s. 83).

Pylvään tai metallisen rakenteen ollessa paikassa missä oleskelee tai liikkuu ihmisiä usein, on suojamaadoitus toteutettava varmistetusti (Liikennevirasto, 2018, s. 83).

5 SÄHKÖRADAN PALUUVIRTATIET

5.1 Paluukisko

Paluukiskon tulee olla yhtenäinen ja ehjä, eli siinä ei saa olla katkeamia. Paluukisko on joko yhteen hitsattu, tai lenkitetty kahdella 25 mm²:n johtimella. Mekaanista kestävyyttä vaativat kiskoliitokset tehdään Väyläviraston hyväksymillä 50 mm²:n kiskoliitöntäjohtimilla. On tärkeää huomioida, että paluukiskon katketessa katkeamakohdassa voi vaikuttaa hengenvaarallinen katkeamajännite. (Liikennevirasto, 2018, s. 23)

5.2 Paluuvirtatie 1 x 25 kV järjestelmässä

1 x 25 kV järjestelmässä, eli imumuuntajajärjestelmässä paluujohdin on jaettu kahdeksi osajohtimeksi, jotta reaktanssi olisi pienempi. Johtimien välimatka on normaalisti 800 mm, ja ne sijaitsevat allekkain. Paluujohdin on alumiinijohdinta 107 Al standardin SFS 4080 mukaan. Tilanpuutteen vuoksi voidaan käyttää yhtä alumiinijohdinta 201 Al, joka on standardin SFS 4080 mukainen. Tässä tapauksessa yhden paluujohtimen rinnalla täytyy normaalissa tilanteessa olla toisen raiteen paluujohdin. Paluujohtimet yhdistetään PKL-pylväällä imumuuntajavälin keskellä paluukiskoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 23)

5.3 Paluuvirtatie 2 x 25 kV järjestelmässä

2 x 25 kV järjestelmässä, eli säästömuuntajajärjestelmässä virta kulkee junasta paluukiskoon, ja sitä pitkin lähimmille säästömuuntajille. Säästömuuntajat ovat kytkettynä ajojohdin – vastajohdin – piiriin. Säästömuuntajan keskipiste on yhdistetty paluukiskoon. (Liikennevirasto, 2018, s. 23)

5.4 Poikittaisyhdistykset

Useampiraiteisella rataosuudella ja ratapihalla sähköistettyjen raiteiden paluukiskot yhdistetään poikittaisyhdistyksellä. Myös sähköistämättömät raiteet yhdistetään poikittaisyhdistykseen, jos ne sijaitsevat paluujohtimen kiskoonliitântäkohdan poikittaisyhdistyksen, imumuuntajan poikittaisyhdistyksen, tai ratapihan raiteiden paluukiskojen poikittaisyhdistyksen alueella. (Liikennevirasto, 2018, s. 24)

Poikittaisyhdistykset tehdään paluujohtimen kiskoonliitântäkohtaan, imuja säästömuuntajan kohdalla, ratapihalla tulovaihteiden lähelle, raidevirtapiirittömän osuuden päihin, sekä joka toisella MKL-pylväällä, kuitenkin enintään 430 metrin välein. (Liikennevirasto, 2018, s. 24)

Raidevirtapiirittömällä raiteella yhdistetään poikittaisyhdistysten kohdalla raiteen molemmat kiskot toisiinsa. Linjaosuudella molemmat kiskot yhdistetään jokaisen MKL-pylvään kohdalla. (Liikennevirasto, 2018, s. 24)

Poikittaisyhdistys tehdään kahdella erillisellä 50 mm²:n johtimella imumuuntajan kohdalla ja yksikiskoisen raidevirtapiirin alussa, muissa poikittaisyhdistyksissä riittää yksi 50 mm²:n johdin. Raiteiden välissä poikittaisyhdistykset upotetaan 50 – 80 cm syvyyteen. (Liikennevirasto, 2018, s. 24)

6 TYÖNAIKAISET SUOJAMAADOITUKSET

6.1 Maadoitustarpeen arviointi

Sähkörataympäristön maadoitustarpeen arviointi voi olla mutkikasta. Suunnittelijan kokemuksesta ja näkemyksestä riippuen, voi pienten kohteiden maadoitusratkaisut vaihdella. Yleistäen voidaan ajatella, että minkä tahansa kohteen maadoitus parantaa turvallisuutta. Vikavirta saadaan johdettua maahan, vaikka vikatilanne olisikin todella epätodennäköinen. Maadoitustarvetta arvioidessa tulee ottaa huomioon parantaako maadoitus juuri sillä kohtaa turvallisuutta, ja missä laajuudessa se toteutetaan. (Ratahallintokeskus, 2005, s. 16)

6.2 Työnaikainen suojavaadoitussuunnittelu

Maadoituksen tehtävänä on suojata suurjännitteisen ratajohdon normaalia käytöstä ja vikatilanteista aiheutuvaa vaaraa. Maadoitussuunnitelmien tulee olla niin yksityiskohtaisia, että työmaalla ei tarvitse tehdä suunnittelua. Suunnitelmissa on otettava huomioon työnaikainen sähköturvallisuus ja tehtävä. Suunnitelmat maadoituksista ja kosketussuojauksista on hyväksyttävä ja tehtävä kaikkia työnaikaisia tilanteita varten. (Liikennevirasto, 2010, s. 9)

Suunniteltaessa on erityisen tärkeää selvittää nykyinen tilanne piirustuksista, sekä tutustumalla kohteeseen. Väyläviraston kosketussuojausta ja jännite-etäisyyksiä koskevat ohjeet on huomioitava maadoitusohjeiden lisäksi. (Liikennevirasto, 2010, s. 9)

Sähköistetyllä rataosalla maadoitusetäisyydellä olevat työnaikaiset osat, kuten rakennustelineet ja metalliset suojarakenteet, maadoitetaan kaikissa työvaiheissa viivyttämättä. Jos työkohteessa oleva pysyvä maadoitus joudutaan irrottamaan, niin kohde maadoitetaan työn ajaksi. Työnaikaisesta maadoittamisesta laaditaan oma erillinen suunnitelma. (Liikennevirasto, 2010, s. 9)

6.3 Maadoituskiskon valinta

Ennen maadoittamista paluukiskoon on selvitettävä mikä turvalaitejärjestelmä on rataosuudella käytössä. Käytössä voi olla akselinlaskentajärjestelmä tai raidevirtapiiri. Raidevirtapiiri voi olla yksi- tai kaksikiskoisesti eristetty.

Jos alueella on akselinlaskentajärjestelmä, niin molemmat kiskot toimivat paluukiskoina. Tällöin maadoitus voidaan tehdä kumpaankin kiskoon tahansa, yleensä kuitenkin pylvään puoleiseen kiskoon.

Alueella, jossa ei ole M-johdinta, ja käytössä on yksikiskoisesti eristetty raidevirtapiiri, maadoitukset yhdistetään paluukiskoon. Yksikiskoisesti eristetyllä raideosuudella toinen kisko on turvalaitekisko, ja toinen paluukisko. On huomioitava, että turvalaitekisko ja paluukisko saattavat vaihtaa puolia keskenään.

Kaksikiskoisesti eristetyllä raideosuudella maadoitukset yhdistetään paluukiskoon impedanssillan kautta. Impedanssillan avulla vältetään kiskojen oikosulkeminen eli varautuminen, mutta saadaan maadoitettava kohde yhdistettyä kiskoihin. (Liikennevirasto, 2010, s. 11)

6.4 Työnaikainen suojamaadoittaminen

Työskenneltäessä sähköistetyllä rataosuudella tulee kiinnittää huomiota maadoitusten kuntoon. Suojamaadoitusten vaurioittamista pitää varoa, ja rikkoontuneesta suojamaadoituksesta tulee ilmoittaa pikimmiten, jotta se saadaan korjattua. Tehtävään opastettu henkilö voi korjata suojamaadoituksen tilapäisesti, lopullisen korjauksen tekee sähköalan ammattihenkilö.

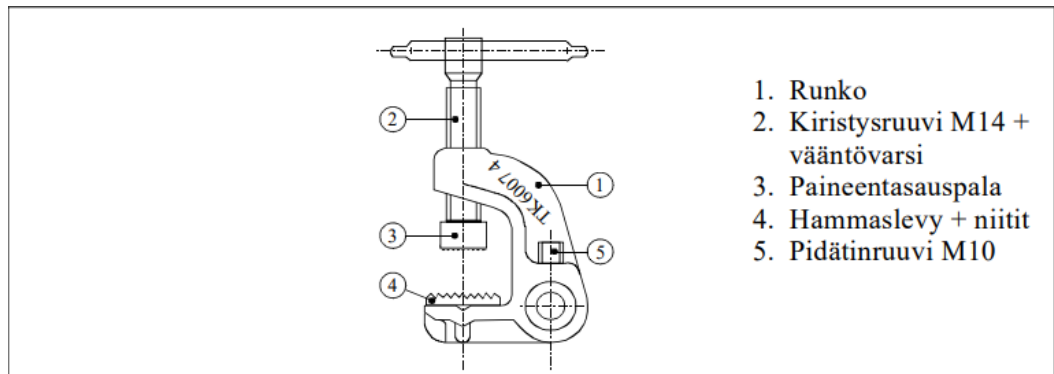
Uudisrakentamisessa työnaikaiset maadoitussuunnitelmat on tehtävä ennen työvaihetta. Uudet rakenteet on maadoitettava asennuksen yhtey-

dessä. Esimerkiksi sähköratapylvään pystytyksen aikana pylväs on maadoitettava pikimmiten, kun se on saatu asennettua perustuksen päälle. Suojamaadoitus on pyrittävä rakentamaan lopulliseen muotoonsa. Joskus kuitenkin lopullista maadoitusta ei saada tehtyä ajasta, resursseista tai työvaiheen keskeneräisyydestä johtuen. Tällöin maadoitus on tehtävä väliaikaisin menetelmin, esimerkiksi kiinnittämällä suojamaadoitus paluukiskoon, M-johtimeen tai M-johtopylvääseen. Kuvassa 17 nähdään tilapäinen maadoitus, valoheitinmastopylväs on yhdistetty väliaikaisesti paluukiskoon ruuvattavilla liittimillä.



Kuva 17. Tilapäinen maadoitus valoheitinmastopylväässä

Väliaikaista maadoitusta käytettäessä tulee maadoitettavan kohteen pinta puhdistaa jäätä ja liasta kiskoliittimen hyvän kontaktin varmistamiseksi. Kuvassa 18 on maadoitukseen käytettävä kiskoliitin.



Kuva 18. Kiskoliitin (Liikennevirasto 2016, 33).

Työnaikainen maadoitus voi olla vähemmän kiinteä kuin pysyvä maadoitus, mutta sen tulee silti kestää työn aiheuttamia rasituksia. (Ratahallintokeskus, 2005, s. 23)

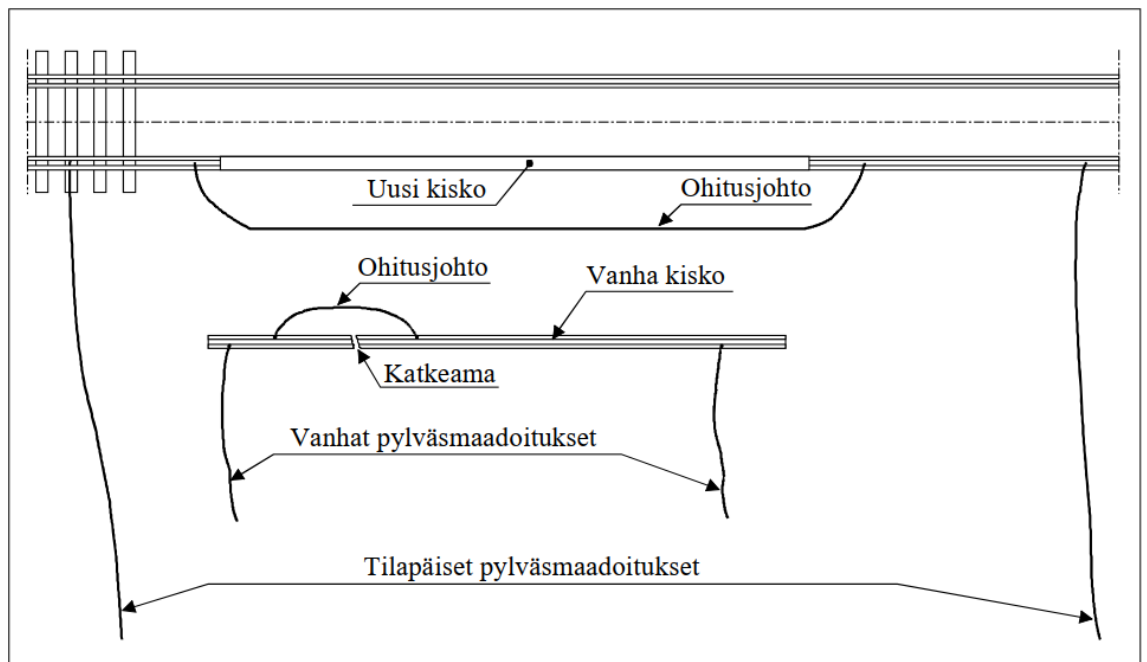
Väliaikaisena maadoitusjohtimena käytetään 25 mm²:n kuparijohtinta muissa, kuin kiskoliitännöissä. Väliaikaiset kiskoliitännät voidaan tehdä 50 mm²:n kuparijohtimella koko matkalta maadoitettavan kohteen ja kiskoliitännän välillä. Lopullinen kiskoliitännä tehdään 50 mm²:n seostetulla kuparijohtimella.

Joskus tiedetään etukäteen, että maadoituksen paikka muuttuu. Kuvassa 19 nähdään väliaikainen maadoitus, jossa sähköratapylväs on kiskoliittimellä kiskossa, mutta pylvään päässä maadoitusliitännä on tehty kiinteästi. Tämä johtuu siitä, että maadoituksen kiskoliitännä tulee muuttumaan, kun pylvään viereen valmistuu uusi raide. Raide, johon pylväs on tällä hetkellä maadoitettu, on kirjoitettu liittimen yläpuolelle.



Kuva 19. Väliaikaisen maadoituksen pylväsliitäntä

Olemassa olevan rakenteen suojamaadoitusta ei tule irrottaa ennen, kuin suojamaadoitus on toteutettu tilapäisellä tavalla. Esimerkiksi jos kiskonvaihdossa joudutaan irrottamaan suojamaadoitus, tulee maadoitettu rakenne maadoittaa väliaikaisesti ennen varsinaisen maadoituksen irrottamista. Rakenne voidaan maadoittaa väliaikaisesti esimerkiksi hieman kauemmas paluukiskoon. Maadoitusten muutokset tekee vain sähköalan ammattihenkilö. Kuvassa 20 esitetään tilapäinen maadoittaminen kiskonvaihdon ajaksi.



Kuva 20. Pylväsmaadoituksiin yhdistetyn kiskon vaihto (Liikennevirasto 2016, 34).

Rakentamisen ja purkamisen aikana on varmistuttava, että mikään suoja- maadoitettava rakenne ei jää maadoittamattomaksi. Maadoitusten eheyttä tulee seurata työn edetessä.

Radalla työskenneltäessä maadoituksia tulee kohdella varoen. Suojamaa- doitukset ovat sähköturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, ja niiden eheys on tärkeää turvallisuuden kannalta. Vaikka työtehtävä ei edellytä maadoi- tuksiin kajoamista, tulee niiden olemassaolo tiedostaa, ja niitä tulee varoa esimerkiksi kaivinkoneella työskenneltäessä.

7 TYÖNAIKAISET KÄYTTÖMAADOITUKSET

7.1 Työnaikainen käyttömaadoitussuunnittelu

Työnaikainen käyttömaadoitussuunnittelu toteutetaan samalla tavalla kuin suojamaadoitussuunnittelu. Käyttömaadoitussuunnitelman tulee sisältää rakentajalle oleelliset asiat, jotta työmaalla ei tarvitse tehdä suunnittelua. Rakentajan tulee suunnitelman avulla pystyä toteuttamaan käyt- tömaadoitus turvallisesti ja luotettavasti.

7.2 Työnaikainen käyttömaadoittaminen

Käyttömaadoitus on kyseessä, kun virtapiirin käyttövirta kulkee maadoi- tuksen kautta. On tärkeää muistaa, että käyttömaadoitusjohtimen tai -joh- timien katkaisu voi synnyttää katkeaman päiden välille hengenvaarallisen

jännitteen. Käyttömaadoitusjohtimen tai -johtimien kunnon tarkkailu on tärkeää, erityisesti keskeneräisillä työmailla. Käyttömaadoituksiin liittyvät muutokset tekee sähköalan ammattihenkilö.

Työnaikaisiin käyttömaadoituksiin tulee merkitä, että kyseessä on käyttömaadoitus, sekä käyttömaadoitettava laite. Käyttömaadoituksen rakentamisessa on samat periaatteet kuin suojamaadoituksenkin rakentamisessa. Käyttömaadoitukset pyritään rakentamaan lopullisen tilanteen mukaan, mutta tämän ollessa mahdotonta, rakennetaan väliaikainen käyttömaadoitus. Työnaikaisenkin maadoituksen tulee olla turvallinen ja kestävä. Merkinnot tulee olla oikein ja tehtynä, vaikka kyseessä olisikin tilapäinen maadoitus. Kuten suojamaadoituksetkin, käyttömaadoitukset tulee asentaa lopulliseen muotoon heti kun se on mahdollista.

On hyvä muistaa, että käyttömaadoitusten liityntäpylväät yhdistetään aina varmistetusti kiskoon kolmella maadoitusjohtimella, vaikka pylväällä olisi M-johdin.

8 TYÖNAIKAiset PALUUVIRTATiet

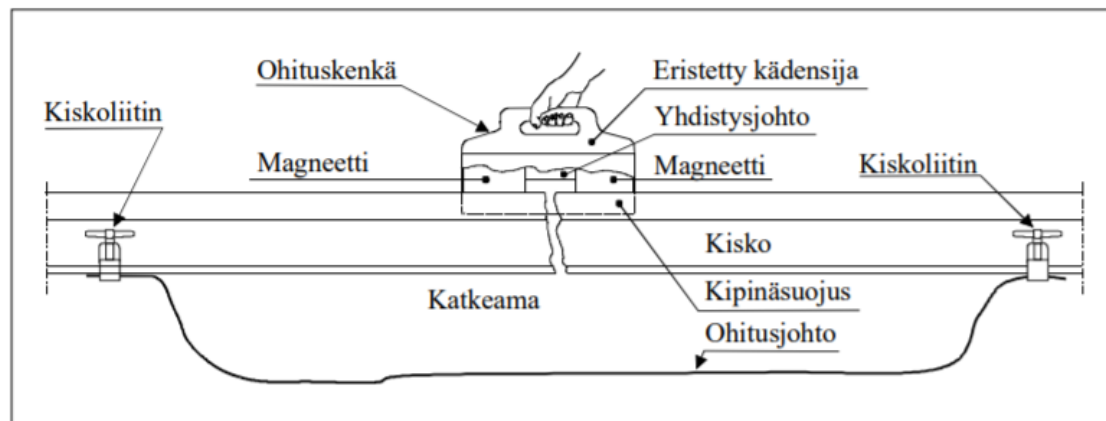
8.1 Työnaikainen paluuvirtatiesuunnittelu

Työnaikaisessa paluuvirtatiesuunnitelmassa tulee suunnitella paluuvirralla esteetön kulku joka hetki. Paluuvirtatielle suunnitellaan korvaava reitti, jos paluuvirran reittiä muutetaan, tai se joudutaan ratatöiden takia katkaisemaan. Työnaikaisesta paluuvirtatiesuunnitelmasta tulee käydä ilmi selkeästi paluuvirran kulkutie, jotta suunnittelua ei tarvitse tehdä työmaalla.

Paluuvirtatiesuunnitelmasta tulee käydä ilmi, onko työalueella akselinlaskentajärjestelmä, yksikiskoisesti eristetty järjestelmä, vai kaksikiskoisesti eristetty järjestelmä.

8.2 Työnaikainen paluuvirtatie

Kaikilla sähköistetyillä rataosuuksilla on muistettava, että kisko tai molemmat kiskot ovat osa sähkölaitteistoa. On hyvä muistaa, että jos työtehtävässä joudutaan katkaisemaan paluukisko, katkeaman päiden välille syntyy katkeamajännite. Katkeamajännite voi olla hengenvaarallinen, jonka takia katkeama tulee ohittaa vähintään 25 mm²:n kuparisella ohitusjohtimella, jotta paluuvirralla on kulkutie. Katkeaman ohituksen saa tehdä sähköalan ammattihenkilön lisäksi erikseen nimetty, tehtävään opastettu henkilö. Kuvassa 21 on esitetty oikeaoppinen katkeaman ohitus.



Kuva 21. Katkeaman ohittaminen (Liikennevirasto 2016, 33).

Jos imumuuntajajärjestelmässä joudutaan poistamaan paluujohtimet, niin tulee varmistua paluuvirtatien eheydestä, jotta paluuvirralla on aina esteetön kulku.

Pääsääntönä ratatöissä, joissa paluuvirtakiskoon, paluuvirtajohtimeen tai PKL-pylvääseen joudutaan kajoamaan, tulee paluuvirtatien eheydestä pitää huolta. Paluuvirralla pitää olla esteetön kulku joka hetki. Paluuvirtatien vaikuttavat muutokset tekee sähköalan ammattilainen.

9 MAADOITUKSIEN MITTAUKSET JA PALUUVIRTATIEN JATKUVUUDEN VARMISTAMINEN

9.1 Maadoitusten mittaaminen

Väyläviraston ohjeiden mukaan maadoitettujen rakenteiden sähköinen jatkuvuus varmistetaan resistanssimittauksella peräkkäisten maadoituspisteiden välillä. Mittalaitteena käytetään mittalaitetta, joka on standardin EN 61557-4 /7/ mukainen. Mittalaitteen testijännitteen tulee olla vähintään 4 V, ja enintään 24 V tasa- tai vaihtojännitettä. Testivirran tulee olla vähintään 0,2 A. Käyttönottotarkastuksen mittaukset suorittaa henkilö, joka täyttää sähköturvallisuuslain 12.5.1996/410/8/ vaatimukset. Mittauksista laaditaan aina pöytäkirja. (Liikennevirasto, 2010, s. 10)

9.2 Maadoitusmittauspöytäkirjat

Pöytäkirjasta tulee selvittää ainakin maadoitettu kohde, maadoituksen tyyppi, maadoituksen sijainti ja resistanssimittauksen tulos, muuten sen tyyli on vapaamuotoinen. Maadoitusten mittauspöytäkirjat ovat liitteenä sähkölaitteiston käyttönottotarkastuksen pöytäkirjassa.

Maadoitusluettelon mallipöytäkirjaa tarkasteltaessa tuli esiin pöytäkirjan päivitystarve. Maadoitusmittauspöytäkirjassa oli alun perin muutama sarakke enemmän, mutta pöytäkirjan täyttämisen helpottamiseksi päivitimme pöytäkirjaa. Käytössä oleva mallipohja on esitetty liitteessä 1.

9.3 Paluuvirtatien jatkuvuuden varmistaminen

Paluuvirtatien jatkuvuus tarkastetaan aistinvaraisesti. Paluuvirtatien tulee olla ehjä ja yhtenäinen koko matkalta. Paluukisko on joko yhteen hitsattu tai lenkitetty, ja paluujohtimet ovat ehjät ja yhtenäiset.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekemisen aikana korostui, että sähköradan maadoitukset ja paluuvirtatiet ovat keskeinen osa sähköratalaitteistoa. Maadoitukset ja paluuvirtatiet ovat tärkeitä sähköradan toimivuuden, ja erityisesti turvallisuuden kannalta.

On hyvä muistaa, että sähköradan paluuvirtateihin ja maadoituksiin kohdistuvat työt ovat sähkötyötä. Esimerkiksi paluukiskon vaihtaminen on sähkötyötä, koska siinä työ kohdistuu sähkölaitteiston osaan.

Maadoitusten ja paluuvirtateiden läheisyydessä työskenneltäessä niiden kuntoa tulee tarkkailla, ja rikkoontuneista maadoituksista tai paluuvirtateista tulee ilmoittaa. Suojamaadoitusten tehtävänä on suojata henkilöitä ja laitteita, ja käyttömaadoitukset ovat osa virtapiiriä. Maadoituksia ei pidä irrottaa omin päin, vaan sen tekee ainoastaan sähköalan ammattihenkilö tai tehtävään opastettu henkilö.

Maadoitusten ja paluuvirtateiden merkitystä turvallisuuteen ja sähköradan toimintaan ei pidä vähätellä. Yksittäisen suojamaadoituksen irrottaminen ei välttämättä tunnu isolta asialta, mutta tällainen ajattelutapa lisää sähköturvallisuusriskiä. Käyttömaadoituksen tai paluuvirtatien katkaisemisen takia saattaa syntyä katkeaman päiden välille jopa hengenvaarallinen katkeamajännite.

Työnaikaista tai väliaikaista maadoittamista ei sovi unohtaa. Maadoitettavat rakenteet ovat maadoitettava väliaikaisesti, jos lopullista maadoitusta ei pystytä tekemään. Maadoituksen tilapäisyys ei anna oikeutta tehdä maadoitusta huonosti. Tilapäisenkin maadoituksen on täytettävä asetetut vaatimukset, ja kestettävä työn rasitukset, vaikka se voi olla vähemmän kiinteä. Tilapäiseen maadoittamiseen käytetään vain ruuvattavia kiskoliitimiä.

Opinnäytetyö tarjoaa vaihtoehtoja ja konkreettisia esimerkkejä työnaikaiseen maadoittamiseen. Ennen kaikkea, opinnäytetyö tarjoaa ajattelutavan muutosta maadoituksia ja paluuvirtateitä kohtaan. Mielestäni opinnäytetyö onnistuu tavoitteessaan kertoa lukijalleen sähköradan maadoituksista ja paluuvirtateistä yleisesti, sekä työnaikaisessa tilanteessa. Lukijan tulisi tämän opinnäytetyön avulla tunnistaa suoja- ja käyttömaadoitukset, sekä ymmärtää paluuvirtatien merkityksen sähköradan toimivuuden kannalta.

LÄHTEET

Fränti, A. (2010). *Sähköradan suojaus impedanssimittauksella*. Opinnäyte-työ. Tekniikan ja liikenteen koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Haettu 3.1.2019 osoitteesta http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10788/Franti_Antero.pdf.pdf;jsessionid=DDF50619E0F1926431197002C1F30AB8?sequence=1

Liikennevirasto. (2010). Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-13_rautatiealueelle_tulevien_web.pdf

Liikennevirasto (2010). Maadoitusliitântä pylvääseen, liite 8. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-13_rautatiealueelle_tulevien_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Järjestelmän 2x25 kV syöttöasema, liite 9. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Katkeaman ohittaminen. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Kiskoliitin. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Pylväsmaadoituksiin yhdistetyn kiskon vaihto. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Syöttö- ja välilytkinasema järj. 25 kV, liite 8. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Sähköistysjärjestelmät, liite 1. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Sähkörataohjeet. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Virran kulkutie syöttöaseman ja vetokaluston välillä järjestelmässä 2x25 kV, liite 5. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2016). Virran kulkutie syöttöaseman ja vetokaluston välillä järj. 25 kV, liite 4. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikennevirasto. (2018) Ratajohto avoradalla, järjestelmä 25 kV. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-23_rato5_web.pdf

Liikennevirasto. (2018) Ratajohto avoradalla, järjestelmä 2x25 kV. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-23_rato5_web.pdf

Liikennevirasto. (2018) Ratajohto ratapihalla, järjestelmä 25 kV. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-23_rato5_web.pdf


Liikennevirasto. (2018). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5: Sähköistetty rata. Haettu 3.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-23_rato5_web.pdf

Liikennevirasto. (2018). Valtion rataverkko 1.1.2018. Haettu 10.1.2019 osoitteesta https://vayla.fi/documents/20473/23375/Rataverkko2018_web.pdf/afb63fc3-22cb-4a6b-a503-db3dd90b7ea1

Ratahallintokeskus. (2005). Sähköratamaadoitusten perusteet. Haettu 11.1.2019 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk_2005-a1_sahkoratamaadoitusten_perusteet_web.pdf

Väylävirasto. (2019). Rataverkko. Haettu 2.1.2019 osoitteesta <https://vayla.fi/rataverkko#.XCxNVFwzY2w>

Maadoitusluettelo

		MAADOITUSLUETTELO						
Ratajohdon läheisyydessä olevia paluukiskoon maadoitettavia rakenteita varten								
RATAOSA: _____								
Maadoituskohde	Pylväsno (+m)	Raidenro	Etäisyys sähkörata pylväästä (+ / -)	Maadoitustyyppi (esim ta)	Maadoitus suoja / käyttö	Maad. vastus Ω	Huom.	

Tekijän kuittaus:

Pvm _____ Allekirjoitus _____ (nimen selvennys)

Mahdollinen virhekirjaus YLIVIIVATAAN JA VAHVISTETAAN NIMIKIRJAIMILLA PÄIVÄYKSEN KERA