

**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN ALA

# SÄHKÖRATA-ASENTAJAN KÄSIKIRJA

TEKIJÄ Timo Kuronen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Timo Kuronen		
Työn nimi Sähkörata-asentajan käsikirja		
Päiväys	17.04.2025	45/0
Yhteistyötaho NRC Group Finland Oy		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli laatia tuotteena käsikirja rataverkon sähkörata-asennuksista NRC Group:in sisäiseen käyttöön uusien sähkörata-asentajien perehdytykseen, sekä tehokkaaksi muistivälineeksi kokeneemmille asentajille, kun asennusmenetelmät ja -standardit löytyvät kootusti kirjallisessa muodossa. Käsikirja sisältää yleisen johdannon Suomen 25 kV sähkörataverkkoon, kaikki tarvittavat sähkörata-asennukset, niiden suositellut ja vaaditut asennusmenetelmät, sekä asennustoleranssit ja tarvittavat standardit.</p> <p>Valmis käsikirja kostuu asennuksien eri vaiheista otetuista kuvista, asennustaulukoista, sekä muusta asennuksiin liittyvästä tiedosta. Tieto perustuu suurilta osin kokeneiden asentajien hyväksi todettuihin asennustapoihin, vanhoihin valtionrautateiden asennusohjeisiin, eri SFS-standardeihin sekä liikenneviraston virallisiin rata-tekniisiin ohjeisiin.</p> <p>Tämä julkaistu raportti ei sisällä salassapitovelvollisuuksien vuoksi itse sähkörata-asennuksista tietoa, vaan raportissa esitetään käsikirjan osio "Johdanto sähkörataverkkoon". Tämän osion tarkoituksena on perehdyttää ratasähköön tuntemattomat henkilöt Suomessa käytettävän 25 kV sähkörataverkon rakenteeseen, sen eri komponentteihin ja niiden tehtäviin verkossa.</p>		
Avainsanat Sähkörata, Sähkörata-asennukset, Käsikirja, Ratajohto, Ajojohdin, Imumuuntaja, Säästömuuntaja, Vaihteenlämmitys, Vaununlämmitys		

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tavoitteet.....	6
1.2	Toimeksiantaja .....	7
2	SUOMEN 25 KV SÄHKÖRATAVERKKO .....	8
2.1	Ratajohdon rakenne.....	9
2.2	Ajolanka.....	10
2.2.1	Ajolangan siksak .....	10
2.2.2	Virroitin ja korko .....	11
2.2.3	Ajolangan kannatus .....	13
2.2.4	Ajojohtimen kiristys .....	14
2.3	Sähköratapylväät, -portaalit ja kääntöorret .....	18
2.4	Ajojohtimen kytkentäryhmät .....	23
2.5	Paluuvirtatie imumuuntajajärjestelmässä .....	27
2.6	Sähköratamaadoitukset.....	29
2.7	Vaihteenlämmitys .....	34
2.8	Vaununlämmitys .....	37
3	SÄÄSTÖMUUNTAJAJÄRJESTELMÄ.....	40
4	YHTEENVETO .....	43

## KUALUETTELO

Kuva 1. Sähköjunan virtapiiri Suomessa (mukaillen Liukkonen 2024).....	8
Kuva 2. Ratajohto avoradalla, järjestelmä 25 kV (Väylävirasto 2018, 6) .....	9
Kuva 3. Ajolangan siksak (mukaillen Pthd 2014) .....	10
Kuva 4. Siksak-arvot (Väylävirasto 2018, 41).....	10
Kuva 5. Virroitintangon mitat (Väylävirasto 2018, 40) .....	11
Kuva 6. Sr3-veturin virroitin (Kuronen 2024, CC-BY-NC-SA) .....	11
Kuva 7. TTE-Sähköratakoneen virroitin siksak-mittataulukolla (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	12
Kuva 8. Kannattimen vaikutus ajolangan riippumaan .....	13
Kuva 9. Ratajohdon ankkuroinnit.....	14
Kuva 10. Pääteankkurointi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	15
Kuva 11. Keskiankkurointi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	15
Kuva 12. Painopyörästö (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	16
Kuva 13. Erilliskiristyspainot vierekkäin I-pylväällä (mukaillen Eerola 2025, CC BY-NC-SA).....	17
Kuva 14. I-pylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	18
Kuva 15. P-pylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	19
Kuva 16. S-ulokepylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	20
Kuva 17. P-ulokeportaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	20
Kuva 18. S-portaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	21
Kuva 19. R-portaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	21
Kuva 20. Veto- ja puristuskääntöorret (mukaillen Väylävirasto 2018, liite 14) .....	22
Kuva 21. Kytöntäryhmät (Väylävirasto 2016, 11) .....	23
Kuva 22. Kytöntäryhmien erotus periaatekuva .....	24
Kuva 23. Erotuskenttä ilman ryhmitseristintä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	25
Kuva 24. Erotuskenttä sivulta katsottuna (mukaillen Väylävirasto 2016, liite 2) .....	25
Kuva 25. Kytöntäryhmien erotus ryhmitseristimellä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	26
Kuva 26. Ryhmitseristin suurennettuna (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	26
Kuva 27. Imumuuntajan erotuskenttä periaatekuva .....	27
Kuva 28. Imumuuntajapylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	28
Kuva 29. Pylvään suojavaadoitus paluukiskoon (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	29
Kuva 30. PKL-pylvään käyttömaadoitukset (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	30
Kuva 31. M-johdin (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	31
Kuva 32. Poikittaisyhdistys (mukaillen NRC Group Finland Oy 2024).....	32
Kuva 33. Potentiaalinojauselektrodi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	33
Kuva 34. Raiteensulku (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	34

Kuva 35. Vaihde (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	34
Kuva 36. Vaihteenlämmityksen periaatekaavio (Ratahallintokeskus 2006, liite 18) .....	35
Kuva 37. Vaihteenlämmitysmuuntaja, paluuvirta pylvään kautta (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	36
Kuva 38. Vaihteenlämmitysmuuntaja, liitäntä suoraan paluujohtimiin (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	36
Kuva 39. Vaununlämmitys periaatekuva .....	37
Kuva 40. Vaununlämmitysasema (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	37
Kuva 41. Vanhat lämmityspaikat raiteiden välissä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	38
Kuva 42. Uudet lämmityspaikat raiteiden välissä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA) .....	38
Kuva 43. Vaununlämmitysaseman erotinpylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA).....	39
Kuva 44. Ratajohdon rakenne, säästömuuntajajärjestelmä (Väylävirasto 2018, 6).....	40
Kuva 45. Sähköistysjärjestelmät Suomessa (Väylävirasto 2016, liite 1).....	41
Kuva 46. Syöttömuuntajajärjestelmä periaatekaavio .....	42

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tilaajana toimii NRC Group Finland Oy. Opinnäytetyönä valmistetaan ”sähkörata-asentajan käsikirja” perehdytysmateriaalina sähköradan eri sähköasennuksista. Työ tilattiin sillä sähkörata-asennusten menetelmiä ja tapoja ei ole dokumentoitu mihinkään helposti käytettävään koottuun muotoon ja ovat suurilta osin tallessa itse asentajien muisteissa tai vanhoissa valtionrautateiden ohjeistuksissa, jotka tarvitsevat päivytystä nykyajan sähkörata-asennuksille.

Käsikirja sisältää selityksen kaikista 25 kV sähkörataverkon eri osista ja niiden tehtävistä verkossa (pl. syöttöasemat ja niihin liittyvät asennukset), sähkörata-asennuksissa noudatettavat asennusmenetelmät ja -vaatimukset, asennuksiin tarvittavat työkalut ja komponentit, sekä sähköradan käyttöönotto- ja yleiset dokumentointiohjeet. Täten käsikirja toimii tehokkaana pohjana uusien sähkörata-asentajien perehdytykseen, sekä tehokkaana muistivälineenä jo kokeneille asentajille, kun asennusmenetelmät ja -standardit löytyvät kootusti kirjallisessa muodossa.

Kirjan sisältö perustuu suurilta osin kokemuksella hyväksi todettuihin asennustapoihin, eri SFS-standardeihin (SFS-6001, SFS-6002, yms.), eri liikenneviraston virallisiin ratateknisiin ohjeisiin (RATO 5 ja sähkörataohjeet), sekä valtionrautateiden vanhoihin ohjeistuksiin. RATO 5 sisältää käytetyt vaatimukset ja suositukset eri sähkörata-asennuksille, kuten pienimmät sallitut etäisyydet 25 kV jännitteisiin osiin, sekä eri asennustoleranssit. Sähkörataohjeissa selitetään yleisesti sähköradalla työskentelystä. Ohjeissa kerrotaan minimityöskentelyetäisyydet eri jänniteisistä radan osista. Ohjeissa myös opastetaan esimerkiksi jännitekatkon tekemisestä ja työmaadoittamisesta.

Hyväksi todetut asennustavat ovat asennustapoja, jotka ovat ajan saatossa osoittautuneet tavoiksi, joita noudattamalla työt onnistuvat turvallisesti, helposti, sekä täyttävät väyläviraston asettamat vaatimukset. Hyväksi todettuja asennustapoja voi olla useampia samoille töille, johtuen siitä, että eri asentajat ja työmaamestarit tekevät työt usein omalla tavallaan, johon ovat tottuneet. Kirjaan on mahdotonta kirjoittaa kaikista mahdollisista ehdot täyttävistä asennustavoista, joten osalle asennuksista kirjassa esitetty asennustapa toimii enemmän esimerkkinä, miten työ voidaan tehdä ja mitkä asiat on pakko ottaa huomioon työtä tehdessä, että vaatimukset täyttyvät.

## 1.2 Toimeksiantaja

NRC Group on konsernina Pohjoismaiden johtava infra-alan toimija, joka työllistää noin 1900 ammattilaista Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa, josta Suomen osuus on noin 900. NRC Group konserni on perustettu vuonna 2011 ja se osti NRC Group Finlandin vuonna 2019 VR-Yhtymältä, kun NRC Group Finland tunnettiin vielä nimellä VR Track Oy. (NRC Group Finland Oy 2025)

NRC Group Finland toimi nimellä VR Track Oy vuosina 2010–2019 ja Oy VR-rata ab vuosina 1995–2010. Yritys syntyi vuonna 1995 valtionrautateiden (VR) radanpidon suunnittelu-, rakentamis- ja kunnossapitopalveluiden osastoista, kun valtionrautatiet yhtiöitettiin. NRC Group Finland Oy on täten yli 160 vuoden kokemuksella Suomen suurin rauta- ja raitioteiden rakentaja sekä yksi suurimmista radan kunnossapitäjistä. (NRC Group Finland Oy 2025)

”NRC on myös merkittävä raideinfran sähköverkkojen ja turvalaitejärjestelmien rakentaja ja kunnossapitäjä sekä rautatiemateriaalien toimittaja” (NRC Group Finland Oy 2025).

Yhteistyö NRC Group Finlandin kanssa mahdollistaa sen, että tämän opinnäytetyönä tehtävän käsikirjan tieto on ajankohtaista, käytännöllistä ja totuudenmukaista.

## 2 SUOMEN 25 KV SÄHKÖRATAVERKKO

Sähkörataverkko on tärkeä osa Suomen rautatieinfrastruktuuria. Sähköjunien käytön yleistyessä nykyisessä hiilidioksidipäästöjä vähentävässä maailmassa uuden sähkörataverkon rakentamisen ja ylläpidon tärkeys nousee jatkuvasti. Suomen rataverkon pituus vuonna 2023 oli 5915 km, joista vain 2710 km on sähköistettyä rataa. Väylävirasto vastaa sähkörataverkon kehittämisestä, sekä olemassa olevan verkon yllä- ja kunnossapidosta (Väylävirasto, 2024).

Suomen rataverkoston sähköistämisessä on käytetty 25 kV järjestelmää sen alkumetreiltä lähtien, ja sitä käytetään edelleen nykypäivänä. Vuonna 1958 kyseinen järjestelmä valittiin Suomen sähkörataverkon sähköistysjärjestelmäksi ja ensimmäinen järjestelmällä sähköistetty radanosuus Helsinki-Kirkkonummi otettiin käyttöön vuonna 1969 (Raidepuolue n.d).

Sähköveturit saavat energiansa 25 kV 50 Hz vaihtojännitettä syöttävästä ajojohtimesta, joka kulkee raiteiden päällä sähköistetyillä rataosuuksilla. Veturit liittyvät ajojohtimeen veturin katolla sijaitsevan virroitimen avulla. Veturien pyörien kautta juna yhdistyy paluukiskoon, joka toimii paluuvirtatienä junan kuluttamalle sähköenergialle. Suomessa paluuvirta kulkee vielä paluukiskosta pylväiden ylä-laidassa kulkeviin paluujohtimiin "paluujohtimien kiskoonliitäntäpylvään" (PKL-pylvään) kautta.



Kuva 1. Sähköjunan virtapiiri Suomessa (mukaillen Liukkonen 2024)

## 2.1 Ratajohdon rakenne

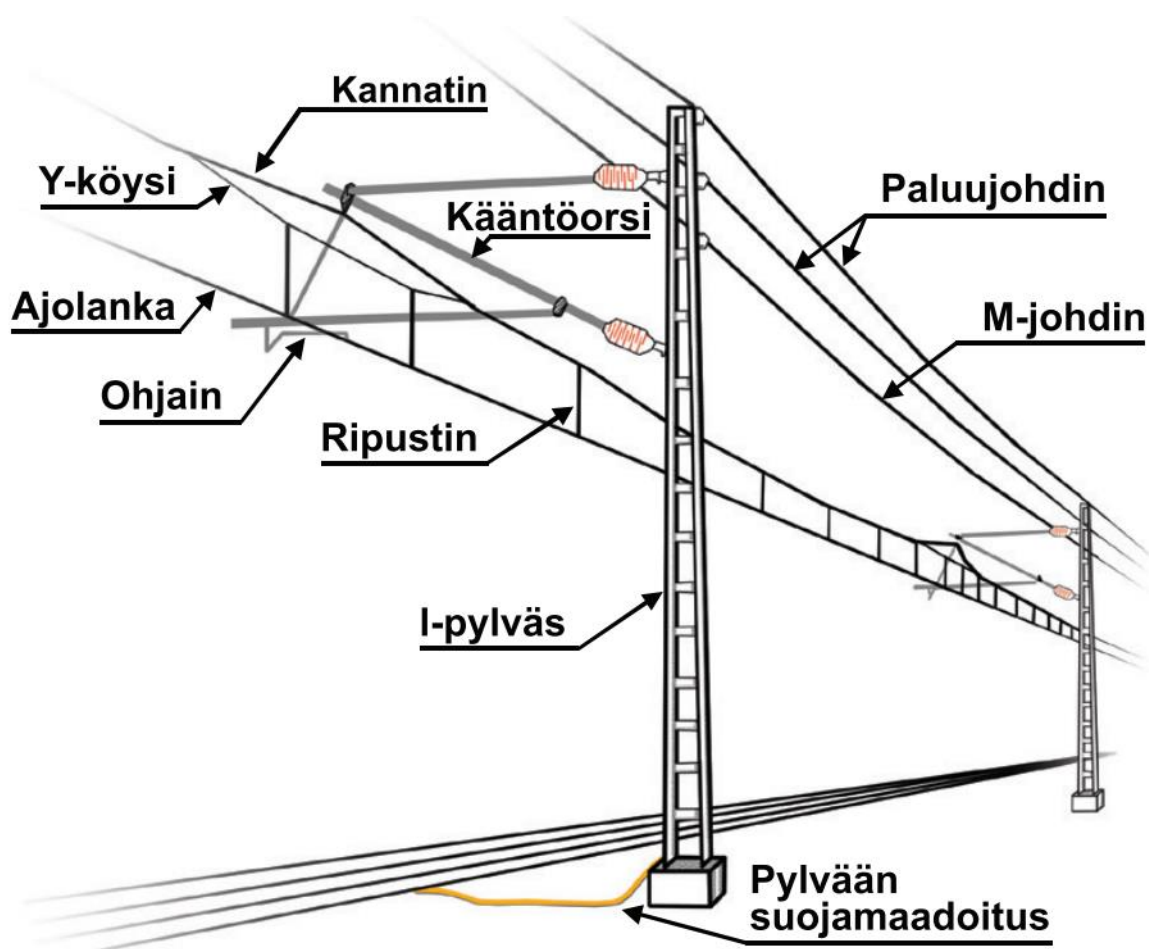
25 kV sähkörataverkon ratajohto on ajojohtimen, paluujohtimen, sekä kannatusrakenteiden ja varusteiden muodostama järjestelmä. "Ajojohdin" koostuu ajolangasta, kannattimesta, ripustimista ja Y-köydestä. (Väylävirasto 2018, 34)

Sähkön syöttö tapahtuu radan päällä olevan ajolangan kautta, jonka päällä olevan kannatinlangan tarkoitus on kannattaa ajolankaa. Lankojen väliset ripustimet yhdistävät kannattimen ja ajolangan, jonka ansiosta kannatin pystyy kompensoimaan ajolangan riippumaa pitäen langan suorassa.

Y-köysi parantaa ajolangan joustavuutta nopeilla rataosuuksilla, kun ripustimet ovat kiinnitetty joustavaan Y-köyteen kiinteästi kiinnitetyn kannattimen sijasta ajojohtimen kannatuskohdassa. (Väylävirasto 2018, 16)

Paluujohtimet toimivat ratajohdon paluuvirtatienä. Paluujohtimia on yleensä 2 kpl, pienemmän reaktanssin saavuttamiseksi, sekä toimintavarmuuden lisäämiseksi M-johdin on kolmas, yleensä paluujohtojen rinnalla tai alapuolella kulkeva johdin, joka tehtävä on parantaa sähköratapylväiden maadoittamista paluukiskoon. (Väylävirasto 2018, 12, 23)

Pylväissä sijaitsevat kääntöorret pitävät lankoja taivaalla, nämä orret pystyvät kääntymään radan suunnassa ratajohdon lämpölaajenemisen aiheuttamien liikkeiden mukaisesti. Ohjain on kääntöorren osa, johon ajolanka kiinnitetään ja jonka tarkoituksena on parantaa ajolangan joustavuutta ja pitää ajolanka sivusuunnassa paikallaan (Väylävirasto 2018, 10).



Kuva 2. Ratajohto avoradalla, järjestelmä 25 kV (Väylävirasto 2018, 6)

## 2.2 Ajolanka

### 2.2.1 Ajolangan siksak

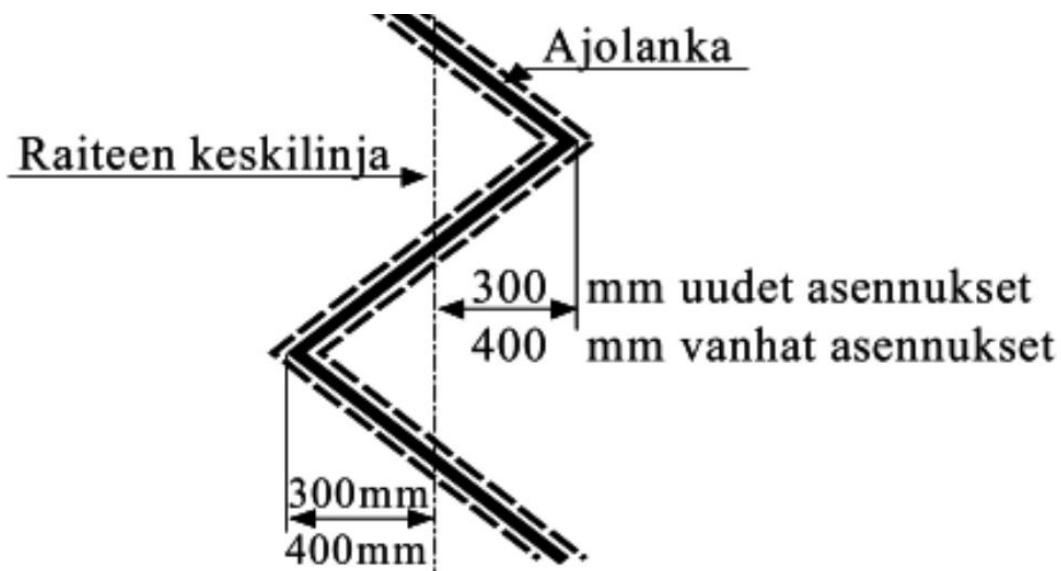
Suomessa ratakäytössä oleva ajolanka on joko  $100 \text{ mm}^2$  tai  $80 \text{ mm}^2$  olevaa kuparilankaa.

Ajolanka ei kulje täysin suoraan raiteen päällä, vaan se kulkee niin sanotussa ”siksak” muodossa. Ajolangan siksakilla mahdollistetaan virroittimen tasainen kuluminen ja pidempi käyttöikä (Trackopedia, n.d). Ajolangan aseman vaihtelu virroittimen pinnalla kuluttaa virroittimen hiiltä tasaisesti joka kohdasta, täten kontaktihiili kestää pidempään eikä sitä tarvitse vaihtaa niin usein uuteen.



Kuva 3. Ajolangan siksak (mukaillen Pthd 2014)

Ajolangan siksak on uusissa asennuksissa tavallisesti  $\pm 30 \text{ cm}$  raiteen keskilinjasta. Vanhoissa asennuksissa käytettiin siksakkia  $\pm 40 \text{ cm}$  keskilinjasta. Kuitenkin ratapihoilla ja vaihdealueilla siksak voi vaihdella välillä  $\pm 0\text{--}46 \text{ cm}$ ,  $46 \text{ cm}$  ollessa ajolangan suurin sallittu poikkeama raiteen keskilinjasta vaihteissa. (Väylävirasto 2018, 59)

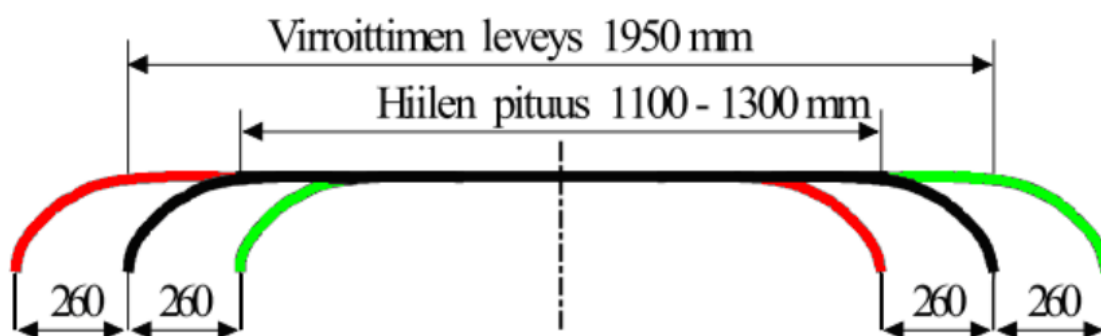


Kuva 4. Siksak-arvot (Väylävirasto 2018, 41)

## 2.2.2 Virroitin ja korko

Virroitin koostuu nostomekanismista ja virroitimen päästä. Virroitimen pää on 1950 mm leveä taivutettu metallitanko, jonka päällä on hiilestä valmistettu 1100–1300 mm leveä kontaktipinta (Väylävirasto 2018, 40). Virroitimen kontaktipinta on valmistettu hiilestä, ettei se kuluttaisi kuparista valmistettua ajolankaa, vaan helposti vaihdettava virroitimen pää kuuluu ajolangan sijasta. Virroitinta työnnetään paineilmalla toimivalla männällä 60–90 N nostovoimalla ajolankaan kiinni (Väylävirasto 2023, 37). Paine nostaa ajolankaa noin 100–200 mm ylöspäin raiteesta (Väylävirasto 2018, 43).

Sähköradan rakentamisessa ajolangan ajettavuutta tarkistetaan nostamalla ajolankaa radan kohdissa, joissa ajolangan noste voi vaikuttaa johonkin muuhun radan osaan, kuten toiseen ajojohtimeen tai päällä olevaan rakenteeseen. Tarkistus suoritetaan 100 N nostovoimalla. Nostovoimalla suoritettava ajettavuuden tarkistus on erityisen tärkeää vaihdealueilla, erotuskentissä, sekä sillan alituksissa, joissa kannatin voi osua siltaan virroitimen nosteen takia.



Virroitimen yläosassa on varauduttu 260 mm sivuttaisliikkeeseen keskiaseman molemmin puolin

Kuva 5. Virroitintangon mitat (Väylävirasto 2018, 40)



Kuva 6. Sr3-veturin virroitin (Kuronen 2024, CC-BY-NC-SA)

Ajolangan nimelliskorkeus 615 cm kiskon pinnasta. Tämä kuitenkin voi vaihdella esimerkiksi tunneleissa ja vaihdealueilla. Tunneleissa korkeus on yleensä alle 600 cm, mutta korkeus ei kuitenkaan saa koskaan olla alle 560 cm, joka on ajolangan minimikorkeus. Ajolanka ei myöskään saa olla korkeammalla kuin virroitimen ulottuma 650 cm. (Väylävirasto 2018, 42)

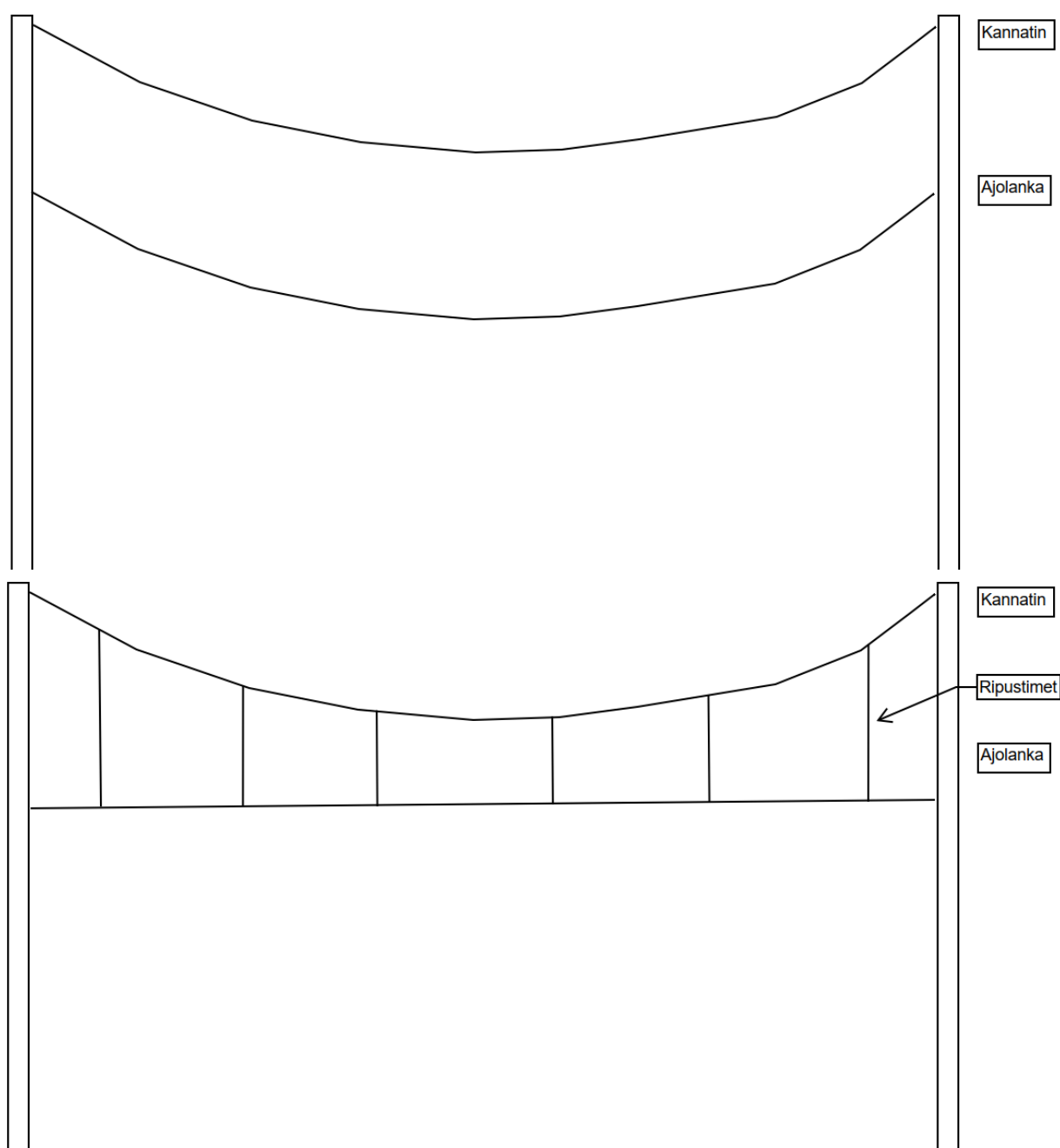


Kuva 7. TTE-Sähköratatörmän virroitin saksak-mittataulukolla (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

### 2.2.3 Ajolangan kannatus

Kahden pylvään väliä kutsutaan jänneväliksi. Jännevälien pituudet vaihtelevat normaalisti 50–65 metrin välillä. Ajolanka on kiinnitetty ainoastaan jännevälän pylväissä sijaitseviin kääntöorsiin, jolloin lanka roikkuu painonsa takia pitkässä jännevälissä, vaikka ajolangat ovat kiristetty kiristyslaitteilla. Tämän takia ajolangan päällä kulkee kannatinlanka, joka nimensä mukaisesti ”kannattelee” ajolankaa. Kannatinlanka kiinnittyy ajolankaan eri pituisilla kuparista valmistetuilla ripustimilla. Ripustimet ovat pylväiden päissä pidempiä ja pienenevät kohti jännevälän keskikohtaa. Täten kannatinlanka ajolankaa pitäen sen suorassa. Kannatin ja ripustimet myös pienentävät ajojohtimen kokonaisimpeanssia lisäämällä ajojohtimeen poikkipinta-alaa.

Alla hahmottava kuva. Kuvassa riippumat liioiteltu, mutta antaa hyvän kuvan kannattimen ja ripustimien virasta.



Kuva 8. Kannattimen vaikutus ajolangan riippumaan

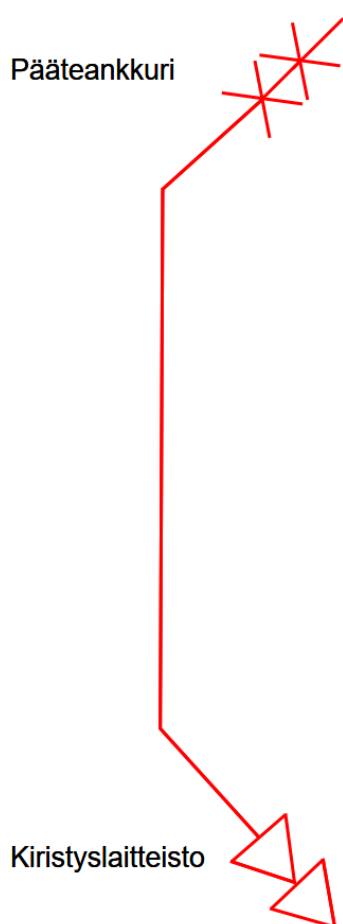
## 2.2.4 Ajojohtimen kiristys

Ajolangan tulee pysyä vakiokireydellä vuoden ympäri, jolloin lämpölaajenemisen takia tarvitaan kiristyslaitteita, jotka kompensoivat lämpölaajenemisesta aiheutuvaa muutosta pitämällä ajolangan ja kannattimen köysivoimat tasaisena ympäri vuoden. Ajojohtimilla käytetään erilaisia kiristyslaitteita laajentumisen kompensoinniksi. Yleisin ja halvin kiristysmenetelmä on kiristyspaino. Muita menetelmiä, joita Suomessa käytetään ovat pneumaattishydrauliset- ja jousikiristyslaitteet, joista jousikiristyslaitteet ovat yleisempiä. Näitä laitteita käytetään alueilla, joihin kiristyspaino ei mahdu tilan puutteen vuoksi tai ulkonäöllisistä seikoista ei haluta kiristyspainoa asentaa, kuten junalaitureilla ja tunnelleissa. Pneumaattishydrauliset- ja jousikiristyslaitteet ovat tästä syystä yleisempiä kaupunkialueiden raitiotieverkostoissa. (Väylävirasto 2018, 72)

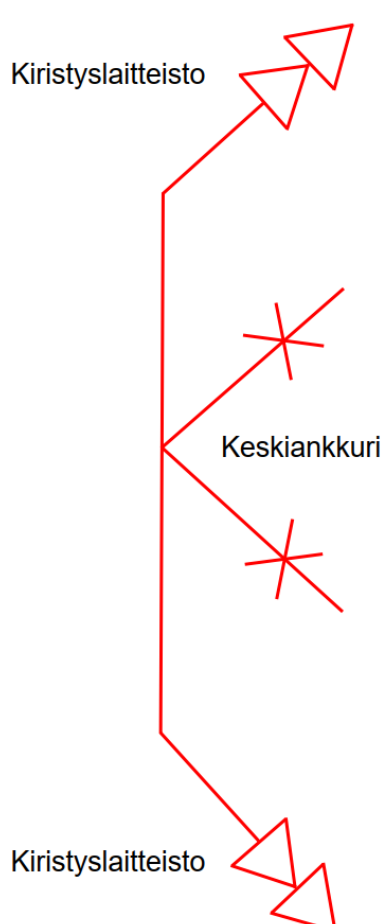
100 mm<sup>2</sup> ajolangan kiristykseen käytetään n. 9,8–10 kN vetoa ja 80 mm<sup>2</sup> ajolangalle n. 8,5 kN vetoa. Uusissa 220 km/h ratajohtotyypeissä käytetään 12,5 kN vetoa. Kannattimen kiristykseen käytetään samaa vetovoimaa kuin ajolangalle. Esimerkiksi 10 kN ajolangan kannattimelle käytetään samaa 10 kN vetoa, eli vetovoima kiristyslaitteella on yhteensä 20 kN. (Väylävirasto 2018, liite 1)

Lyhyemmällä langoilla kiristyslaite asetetaan johtimen toiseen päähän, jolloin toinen pää kiinnitetään kiinteästi päätepylvääseen. Pidemmällä langoilla kiristyslaitteet taas löytyvät lankojen molemmista päistä, ja langan keskelle asennetaan keskiankkuri, joka toimii ankkurointina molemmille kiristyslaitteille. (Väylävirasto 2018, 50)

### Ajojohtin pääteankkurilla



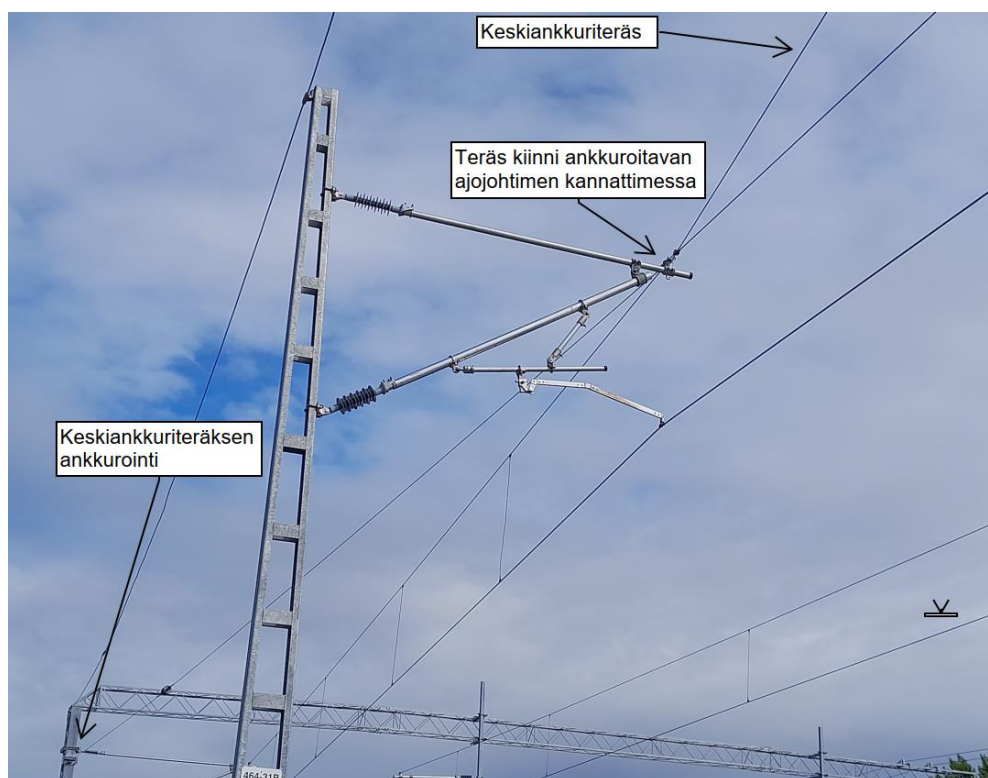
### Ajojohtin keskiankkurilla



Kuva 9. Ratajohton ankkuroinnit



Kuva 10. Pääteankurointi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)



Kuva 11. Keskiankkurointi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Painoilla toimivat kiristyslaitteistot koostuvat kiristyspainosta ja köysipyörästä. Tavallisesti painot ovat kasattu betonikiekoista, mutta esimerkiksi ahtaissa raideväleissä saatetaan joutua käyttämään pienemmistä valurautakiekoista kasattuja painoja. Yksi painokiekko painaa n. 30 kg, joista kasatuilla painoilla on kaksi vakiokokoa 557 kg (8,5 kN) ja 667 kg (9,8–10 kN), joissa 7 kg on kiekkojen ripustustangon paino. Köysipyörästä ja sen 1:3 suhteen avulla paino muutetaan tarpeeksi suureksi veto-voimaksi johtimien kiristykseen.

Ajolanka ja kannatin voidaan liittää kiristyspyörästäön taseuslevyn avulla. Tätä kiristystapaa kutsutaan yhteiskiristykseksi (Väylävirasto 2018, 64). Taseuslevy mahdollistaa kannattimen ja ajolangan eri virumisarvojen kompensoinnin. Langat venyvät pysyvästi ajan myötä niihin kohdistuvien vetovoimien seurauksesta. Tätä venymistä kutsutaan ”virumiseksi”. Monisäikeinen kannatinjohdin viruu vähemmän ajan myötä kuin kuparinen ajolanka, jolloin taseuslevy kompensoi tätä ajolangan ja kannattimen välistä pituuseroa menemällä enemmän etukenoon.

Ajolankaan asennetaan taseuslevyn kiinnityskohdalle säätöruuvi, josta voidaan säätää taseuslevyn kulma sopivaksi taseuslevyä asennettaessa asennuslämpötilan mukaisesti.



Kuva 12. Painopyörästä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Tasauslevyn sijasta voidaan käyttää kahta eri kiristyslaitetta ajolangalle ja kannattimelle. Tätä tapaa kutsutaan erilliskiristykseksi ja sitä käytetään uusissa suuren maksiminopeuden omaavissa ratajohdotyypeissä, joissa molempien lankojen yksittäinen kiristysvoima on 12,5 kN. Erilliskiristyksellä saadaan myös aikaan parempi hallittavuus ratajohdon joustavuuteen ja sen käyttäytymiseen suurilla nopeuksilla. (Friman 2025)

Erilliskiristyksessä painot ovat n. puolet kevyempiä tasauslevykiristykseen nähden, kun kuorma jaetaan kahdelle painolle. Erilliskiristyksessä yksi painokiekko painaa n. 25 kg. Kasattujen painojen vaikiokoot ovat 407 kg 100 mm<sup>2</sup> (12,5 kN) ajolangalle ja 257 kg 80 mm<sup>2</sup> (8 kN) ajolangalle. Kannatinlanka käyttää kannatettavan ajolangan kanssa aina samaa painoarvoa kannatintyypistä riippumatta.



Kuva 13. Erilliskiristyspainot vierekkäin I-pylväällä (mukaillen Eerola 2025, CC BY-NC-SA)

### 2.3 Sähköratapylvää, -portaalit ja kääntöorret

Ratajohto tarvitsee pylvää kannatusta varten. I-pylvää ovat heikoin, halvin ja yleisin käytetty pylväs-tyyppi Suomessa. Kiristyspylväinä käytettäessä I-pylvää tarvitsevat aina harukset (Väylävirasto 2018, 53).

I-pylväiden eri paarrekokoja ovat U100, U120 ja U140 sekä pylväspituuksia ovat 8,2 m, 8,7 m, 9,2 m ja 10,26 m, joista yleisin pituus on 8,7 m (Väylävirasto 2018, 53).

Kevyemmän paarrekoon pylvään voi aina tarvittaessa korvata raskaammalla (esim. U140 ja U120 pylvää voi korvata U100 pylvään).



Kuva 14. I-pylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

P-pylväävät ovat I-pylväitä kestävämpiä, ja näitä käytetään yleensä vaihteenlämmitysmuuntajapylväinä ja harustamattomina kiristyspylväinä. P-pylväs vie myös vähemmän tilaa poikittaisesti rataa nähden I-pylvääseen verrattuna, jolloin P-pylvästä voidaan käyttää I-pylvään sijasta kohteissa, joihin I-pylväs ei mahdu. Esimerkiksi ahtaissa raideväleissä. (Väylävirasto 2018, 54)

P-pylvään käyttökohteet ja täten kuormitus vaihtelee paljon, joten paarrekokoja on useita: U200, U220, U240, U260 ja U280. ”Pylväspituudet ovat: 8,3 m, 8,8 m ja 9,3 m”. (Väylävirasto 2018, 54)



Kuva 15. P-pylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Ulokepylväillä voidaan sähköistää kaksi viereistä raidetta samalta pylväältä.



Kuva 16. S-ulokepylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Portaalirakenteilla voidaan sähköistää useita vierekkäisiä raiteita kahta pylvästä käyttäen. Kuvassa 17 esiintyy P-portaali, joka on heikoin käytettävä portaalityyppi Suomessa.

”P-portaaliin on kolme parrekokoja: L 40x5, L 50x6 ja L 70x7” (Väylävirasto 2018, 54).



Kuva 17. P-ulokeportaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

R-portaalit ovat jaettu kevyisiin- ja raskaisiin kehäportaaleihin. Kuitenkin kevyitä kehäportaaleita on alettu kutsua nimellä ”S-portaali”, sekaannusten välttämiseksi. S-portaalit ovat kestävyydeltään seuraava askel P-portaaleista. S-portaalit voi tunnistaa ristikkorakenteesta ja pylväsaloista, jotka ovat 90 asteen kulmassa portaaliin kanssa.

Kevyen kehäportaalin jalat ovat L 90x9 -paarteisia S-pylväitä; orren päiden paarrekoko on L 55x6 ja keskiosien L 50x6 (Väylävirasto 2018, 55).



Kuva 18. S-portaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Raskaat kehäportaalit, eli R-portaalit ovat kestävin portaalityyppi Suomessa, jotka ovat S-portaalien tavoin ristikkorakenteita. R-portaalit voidaan erottaa S-portaaleista pylvään ja portaaliin välisestä 45 asteen kulmasta ja paksummasta rautamateriaalista.

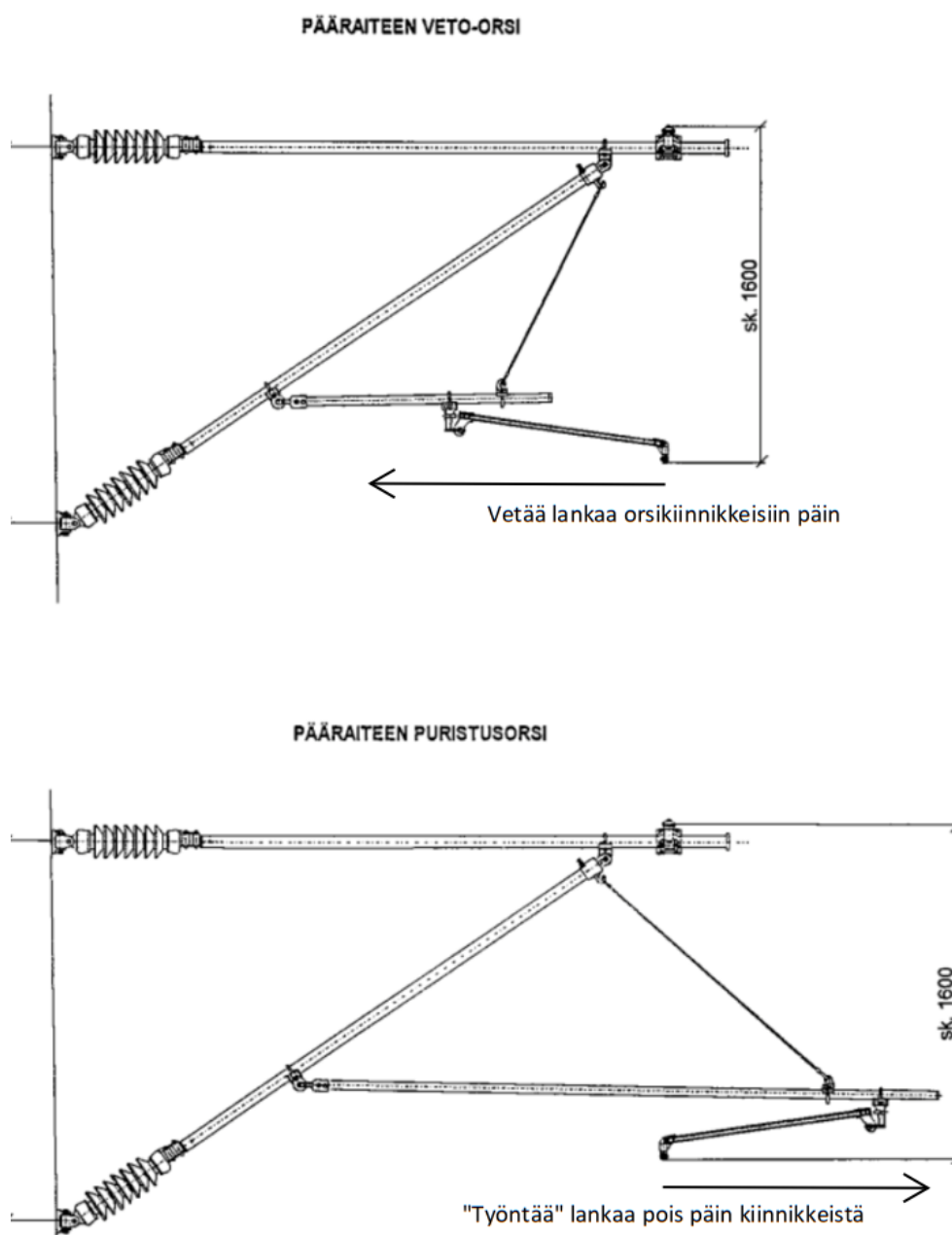
”Raskaan kehäportaalin jalkoina olevien R-pylväiden paarrekoko on L 100x10 ja orren L 70x7” (Väylävirasto 2018, 56).



Kuva 19. R-portaali (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Ajojohdin kiinnitetään kannattavaan rakenteeseen kääntöorsien avulla. Kääntöorsien avulla saadaan myös aikaiseksi ajolangan siksakkimainen kulkumuoto. Kääntöorsi pystyy kääntymään vaakatasossa radan suunnassa kumpaankin suuntaan  $90^\circ$  nivelöityjen kiinnikkeidensä ansiosta. Tällöin kääntöorsi voi kääntyä ajojohtimen lämpölaajenemisesta ja virumisesta johtuvien liikkeiden mukaisesti. Poikkeuksena keskiankkurointiorsi, jonka kääntymistä radan suunnassa on estetty keskiankkurointiköyden avulla. (Väylävirasto 2018, 69)

Kääntöorret jaetaan kahteen eri luokkaan, veto- ja puristusorsiksi. Veto-orret vetävät ajolankaa oman kiinnityskohtansa suuntaan, kun taas puristusorret työntävät lankaa pois päin orren kiinnityskohdasta (Väylävirasto 2018, 69). Langan asennustöissä kääntöorsilla on tärkeää, ettei työskennellä puolella, jonne lanka pyrkii eli ns. "vedon puolella", jotta vältetään henkilövahingoilta. Eli esimerkiksi veto-orret vetävät lankaa kiinnikkeisiinsä päin, joten lanka pyrkii juuri päinvastaiseen suuntaan.



Kuva 20. Veto- ja puristuskääntöorret (mukaillen Väylävirasto 2018, liite 14)

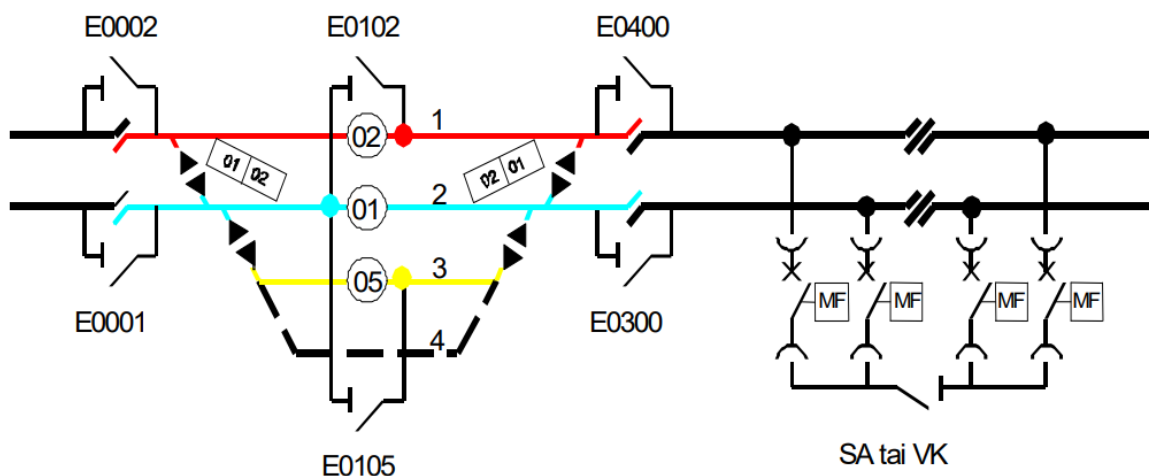
## 2.4 Ajojohtimen kytkentäryhmät

Ajojohdin on jaettu eri kytkentäryhmiin. Jaottelun ansiosta voidaan ottaa tietty osa ratajohdosta jännitteettömäksi joko käyttö tai kunnossapitotarpeiden mukaan (Väylävirasto 2018, 25).

Kunnossapitotarve jännitteettömälle ratajohdolle voi esimerkiksi olla eräässä kytkentäryhmässä tapahtuva oikosulku, tai jokin muu sähköliikennettä haittaava vika. Vian sattuessa kytkentäryhmä voidaan erottaa toisista ryhmistä ja junaliikenne voi jatkua normaalisti muiden terveiden ryhmien alueilla huoltotoimenpiteiden ajan.

Käyttötarve voi olla esimerkiksi junan lastaus sähköistetyltä raiteelta, jolloin lastauksen ajan raiteen kytkentäryhmän tulee olla jännitteetön.

Alla esimerkkikuva kytkentäryhmät sisältävästä ryhmityskaaviosta.

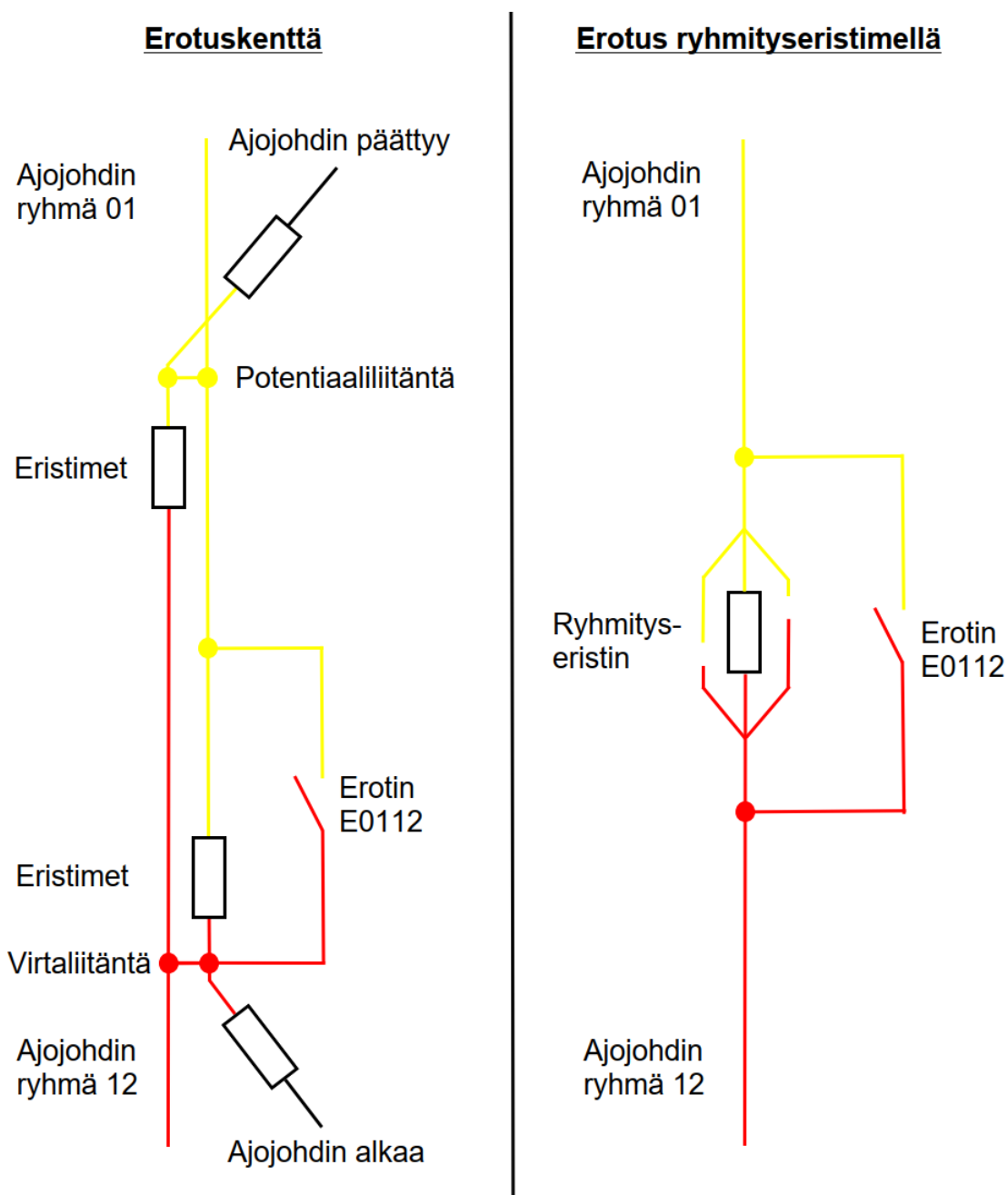


Kuva 21. Kytkentäryhmät (Väylävirasto 2016, 11)

Kytkentäryhmät erotetaan ja yhdistetään toisiinsa erottimien avulla. Erotin yhdistää kaksi eri syöttöryhmää ollessaan kiinni ja erotin avaamalla voidaan erottaa ryhmät toisistaan. Erottimien kohdalla ajojohtimessa on joko ryhmät erottava ryhmityseristin tai ilmaväleistä ja vetoeristimistä koostuva erotuskenttä. (Väylävirasto 2018, 25)

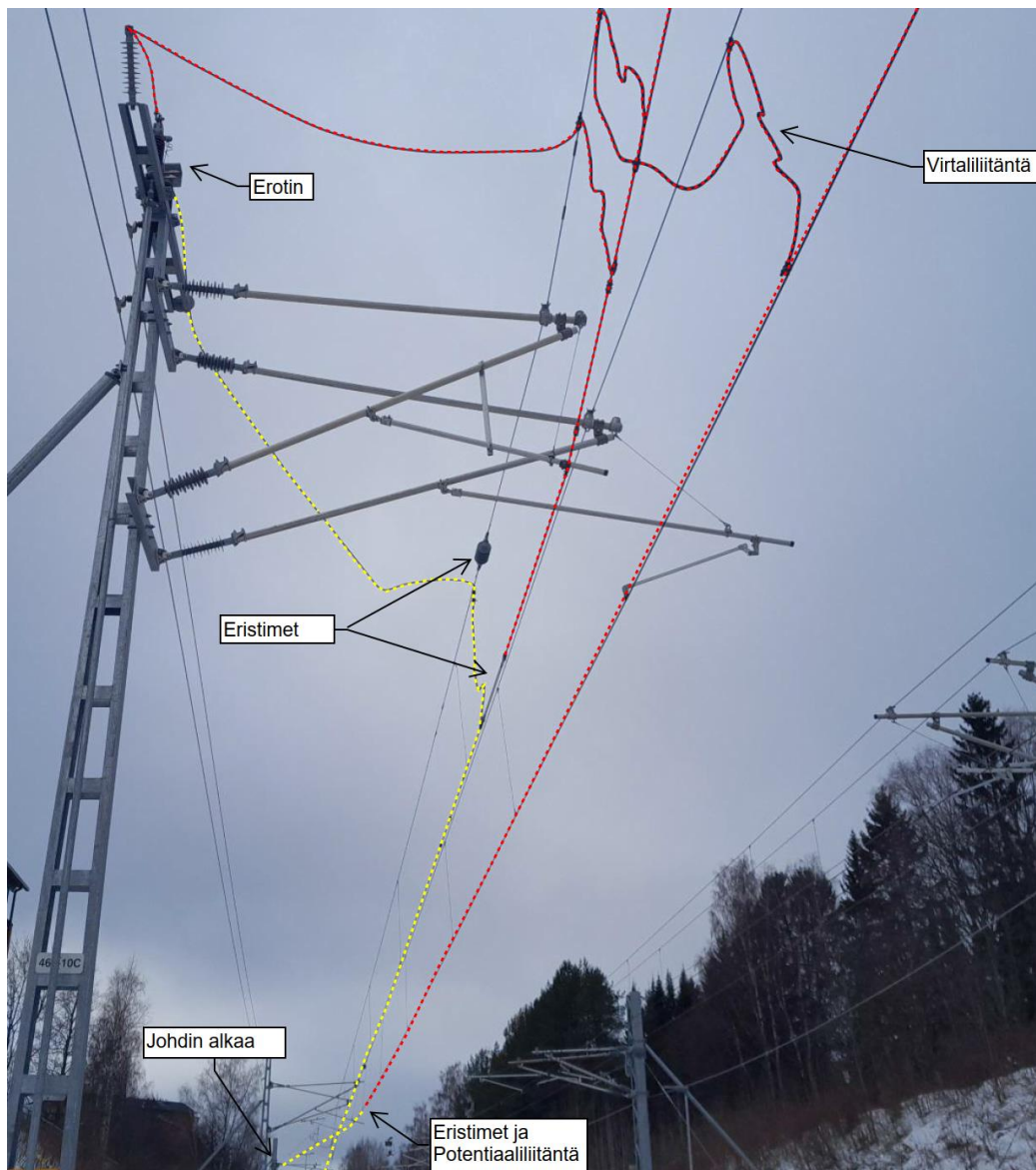
Erottimet nimetään niiden ryhmien mukaisesti, esimerkiksi jos erottimen tunnus on E0112, niin erottimen toisella puolella vaikuttaa kytkentäryhmä 01 ja toisella puolella ryhmä 12. Ryhmätunnus 00 tarkoittaa yleensä yksi raiteista linjaosuutta. (Väylävirasto 2018, 26)

Kytkentäryhmien erotus voidaan tehdä kahdella eri tavalla, ryhmityseristimellä tai erotuskentällä. Ryhmityseristin mahdollistaa ryhmän vaihdon samalla johtimella, ilman että junan syöttö katkeaa, tästä syystä ryhmityseristimiä tarvitaan etenkin ratapihoilla, joissa ei ole tilaa rakentaa erotuskenttiä (Väylävirasto 2018, 51). Ilman ryhmityseristintä erotuskentässä sama ryhmän vaihto toteutetaan kahdella eri ryhmien rinnakkaisilla ajolangoilla, päättyvän ja alkavan johtimen kohdalla.



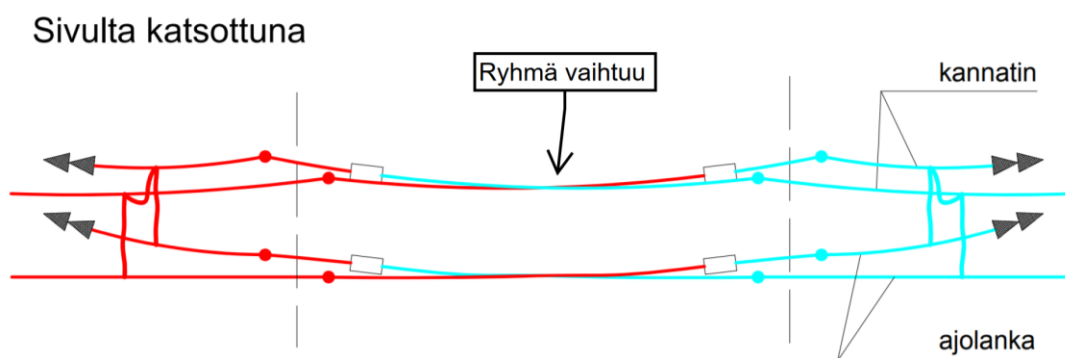
Kuva 22. Kytkentäryhmien erotus periaatekuva

Erotuskentässä, juna ajaa toista ajolankaa pitkin erotuskentän alueelle ja poistuu toista ajolankaa pitkin ryhmän vaihtuen erotuskentän kohdassa, jossa molemmat ajolangat ovat ajettavia. Tätä kohtaa kutsutaan siirtymäjäniteeksi (Väylävirasto 2018, 10).



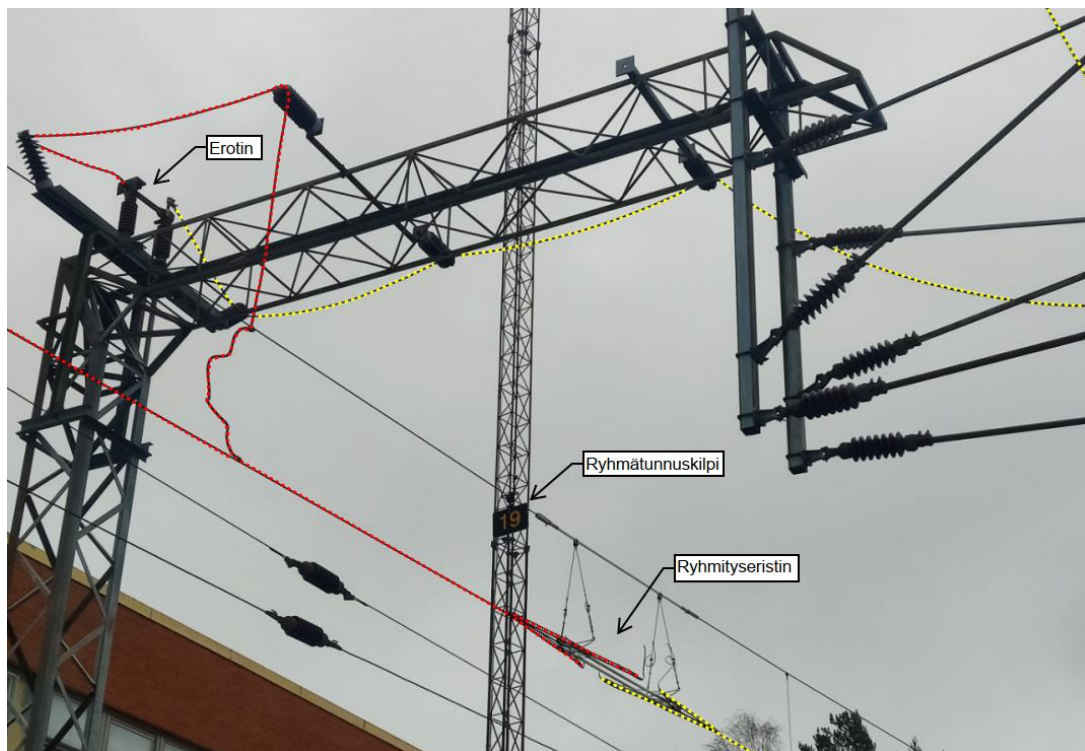
Kuva 23. Erotuskenttä ilman ryhmitseristintä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

## EROTUSKENTTÄ

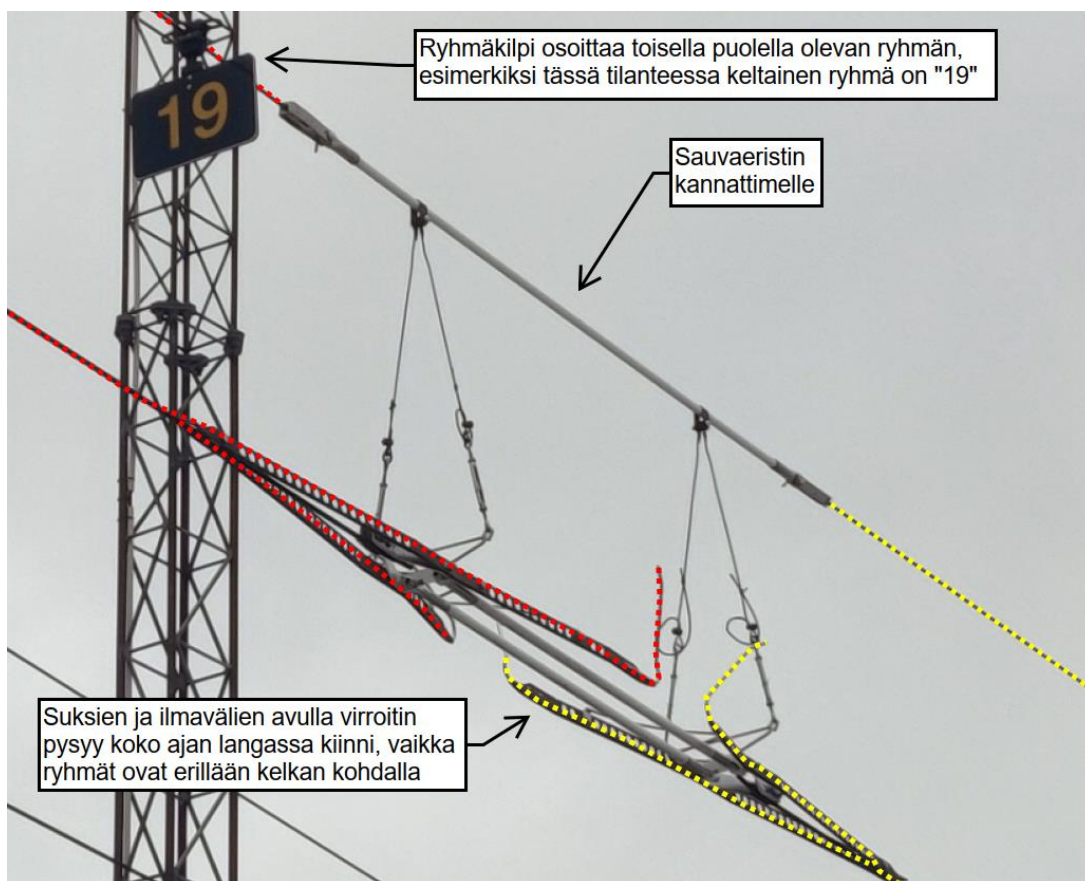


Kuva 24. Erotuskenttä sivulta katsottuna (mukaillen Väylävirasto 2016, liite 2)

Ryhmityseristin mahdollistaa ryhmän vaihdon samalla ajolangalla, ryhmityseristimen sukset pitävät kontaktin koko ajan virroittimella, virroittimen vaihtaen ryhmää ryhmityseristimen keskellä suksien kohdatessa. (Väylävirasto 2018, 14)



Kuva 25. Kytkentäryhmien erotus ryhmityseristimellä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)



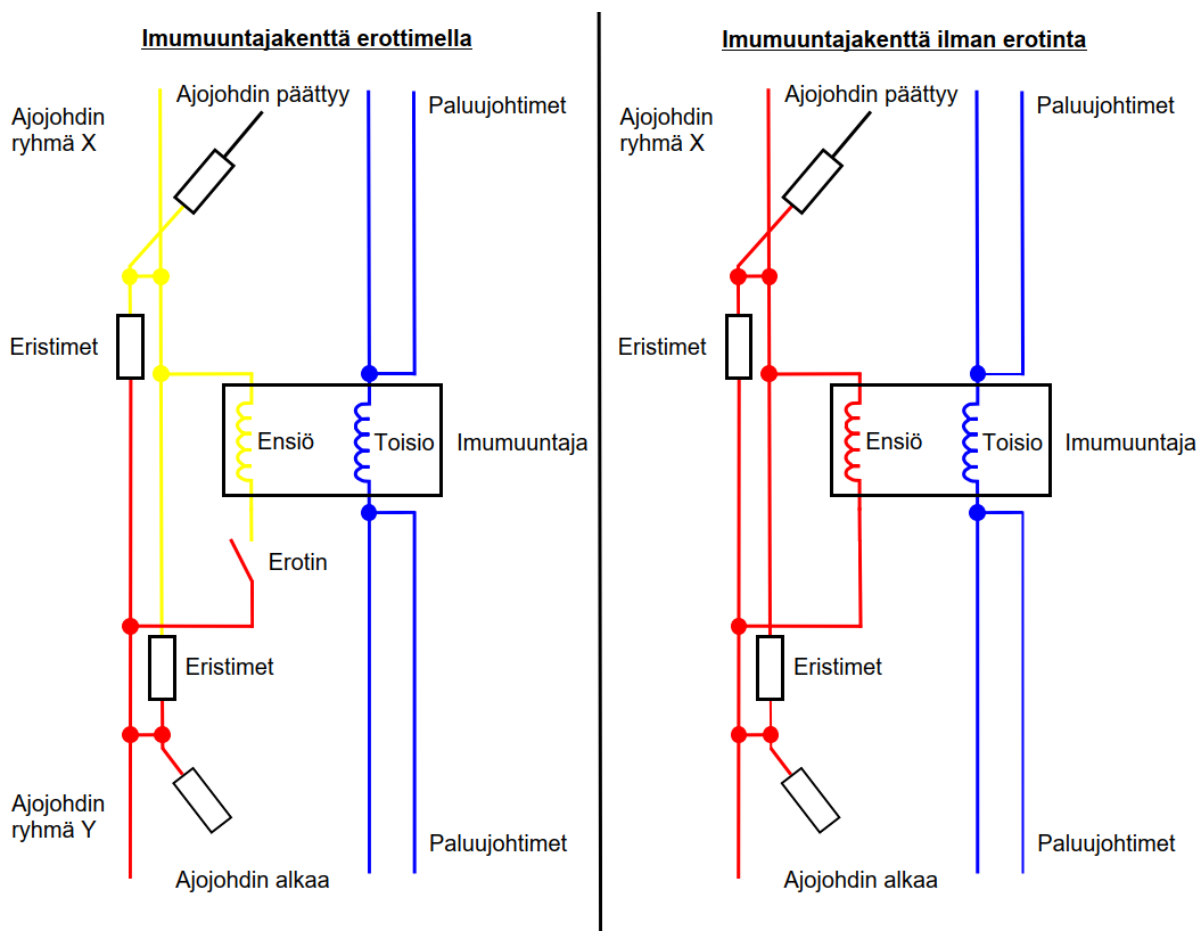
Kuva 26. Ryhmityseristin suurennettuna (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

## 2.5 Paluuvirtatie imumuuntajajärjestelmässä

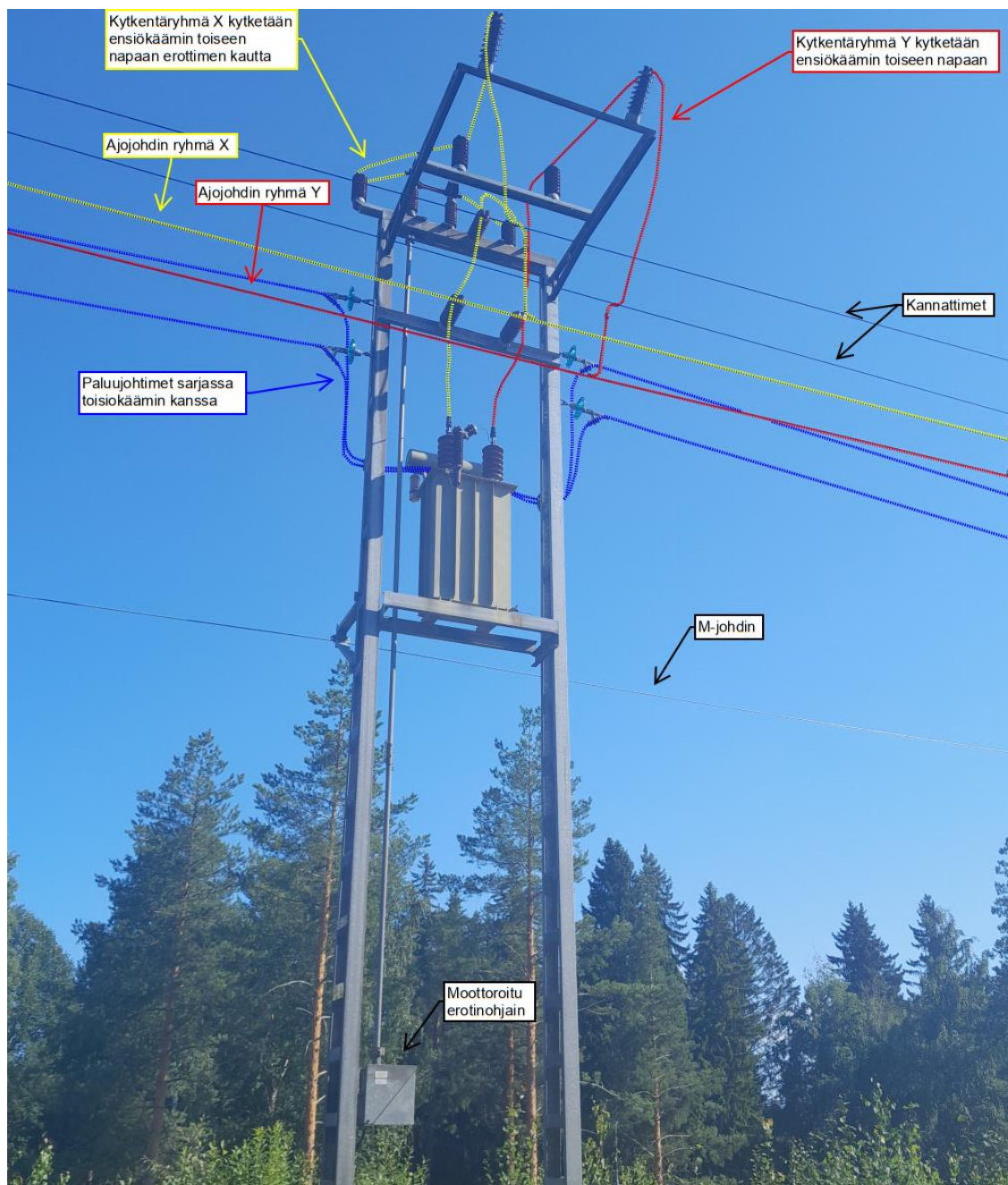
Paluukisko on galvaanisesti yhteyksissä maaperään. Tämän huonona puolena on, että paluukiskossa kulkeva paluuvirta voi levitä maanperän kautta ympäristössä oleviin kaapeleihin ja laitteisiin etsiessään johtavinta tietä takaisin syöttöasemalle, joka voi aiheuttaa häiriöitä erityisesti eri heikkovirtakaapeleissa, kuten antennikaapeleissa. Tämän takia kiskossa kulkeva paluuvirta ohjataan paluujohtimien kautta suoraan syöttöasemalle. Paluujohtimet ovat pylväslinjan yläsivussa kulkevia johtimia, jotka pakotetaan paluuvirran kulkutiekseksi ja ovat eristetty maasta, joten paluuvirta ei pääse leviämään maaperään ja siinä sijaitseviin heikkovirtakaapeleihin.

Tämä paluuvirtatien pakotus onnistuu imumuuntajien avulla. Imumuuntaja on virtamuuntaja, jonka ensiökäämi on kytketty sarjaan 25 kV ajojohtimen ja toisiokäämi paluujohtimien kanssa. Muuntajassa on 1:1 muuntosuhde, jonka ansiosta se synnyttää kuormatilanteessa saman virran toisiokäämiin, mikä kulkee ensiökäämissä. (Väylävirasto 2018, 11, 21)

Näin toisiokäämistä tulee pakosti virtatie ja sen kanssa sarjaan kytkettyjen paluujohtimien on pakko toimia paluuvirtatienä. Imumuuntajan kohdalle rakennetaan aina erotuskenttä imumuuntajan ensiökäämin sarjaan kytkemiseksi ajojohtimen kanssa. Erotuskentästä voidaan kuitenkin jättää erotin pois, jolloin ryhmä ei vaihdu erotuskentän kohdalla, mutta virta kulkee silti pakosti muuntajan ensiökäämin lävitse. Erotin tavallisesti jätetään pois, kun se jää ”turhaksi”. Esimerkiksi yksiraiteisia linjaosuuksia ei ole järkevä jakaa eri kytkentäryhmiin, sillä raiteella tapahtuvat huoltotoimenpiteet kuitenkin estävät koko linjaosuuden liikenteen.



Kuva 27. Imumuuntajan erotuskenttä periaatekuva



Kuva 28. Imumuuntajapylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Kahden imumuuntajan suurin sallittu välimatka on 2,6 km. Tällä varmistetaan, että paluukiskosta viestijohtoihin indusoituvat jännitteet eivät aiheuta häiriötä ympäristössä sekä kiskossa vaikuttava potentiaali ei nouse liian suureksi. Paluujohtimet ovat yhdistetty paluukiskoon paluujohtimen kiskoliittäntäpylväiden (PKL-pylväiden) kautta. PKL-pylväät sijaitsevat kahden imumuuntajan välimatkan keskipisteessä. (Väylävirasto 2018, 21)

Paluujohtimina käytetään alumiinijohdinta 107 Al (Oxlip). Paluujohtimia kulkee miltei aina kaksi rinnakkain, joiden välimatka toisiinsa on normaalisti 80 cm. Johtimet sijaitsevat yleisesti pylväslinjoissa allekkain, tai portaaliorsien päällä vierekkäin. Kaksi johdinta vähentää paluujohtimien reaktanssia, sekä tuo toiminta- varmuutta paluuvirtatielle. Esimerkiksi, jos toinen johtimista katkeaa, niin toinen jää toimimaan paluuvirtatienä. Ainoastaan erikoistapauksissa kaksiraiteisilla radanosuuksilla voidaan käyttää toisen radan paluujohtimena yhtä 201 Al johdinta. (Väylävirasto 2018, 23)

## 2.6 Sähköratamaadoitukset

Sähköratamaadoituksilla tarkoitetaan kaikkia maadoituksia, jotka liittyvät sähköradan paluukiskoon. Näistä olennaisimmat ovat suoja- ja käyttömaadoitukset, poikittaisyhdistykset sekä potentiaalintaususelektrodit.

Suojamaadoitukset ovat maadoituksia metallirakenteiden ja paluukiskon välillä. Suojamaadoitettavia kohteita ovat kaikki metallirakenteet ratajohdon läheisyydessä, kuten ratajohtopylväät, raiteiden väliset aidat ja rataympäristössä sijaitsevat sähkökeskukset, jotka voivat tulla jännitteisiksi erinäisissä vikatilanteissa kuten esimerkiksi jos ajolanka katkeaa ja sinkoutuu maahan (Väylävirasto 2018, 82).

Kaikki metallirakenteet 5 m etäisyydellä sähköradasta tulee suojamaadoittaa. (Väylävirasto 2018, 82)



Kuva 29. Pylvään suojamaadoitus paluukiskoon (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Käyttömaadoituksilla tarkoitetaan maadoituksia, jotka ovat aktiivisesti osana virtatietä, eli muuntajapylväiden maadoituksia ja PKL-pylväiden maadoituksia. Käyttömaadoitusjohtimia on aina 3 kpl pylvään ja paluukiskon välillä, joista kolmas johdin kuuluisi väyläviraston ohjeistuksen mukaan sijoittaa maan pintaan, jotta voidaan aina tarvittaessa varmentua käyttömaadoituksen eheydestä. (Väylävirasto 2018, 25)

Kolmatta johdinta ei kuitenkaan käytännössä kannata jättää maan pinnalle, joten nykyisin ohjeistuksesta poiketaan. Johdin kannattaa haudata maahan varkausyritysten vähentämiseksi, sekä kompastusriskin välttämiseksi. Etenkin talvella lumen peittäessä johtimen, kompastumisriski on suuri.

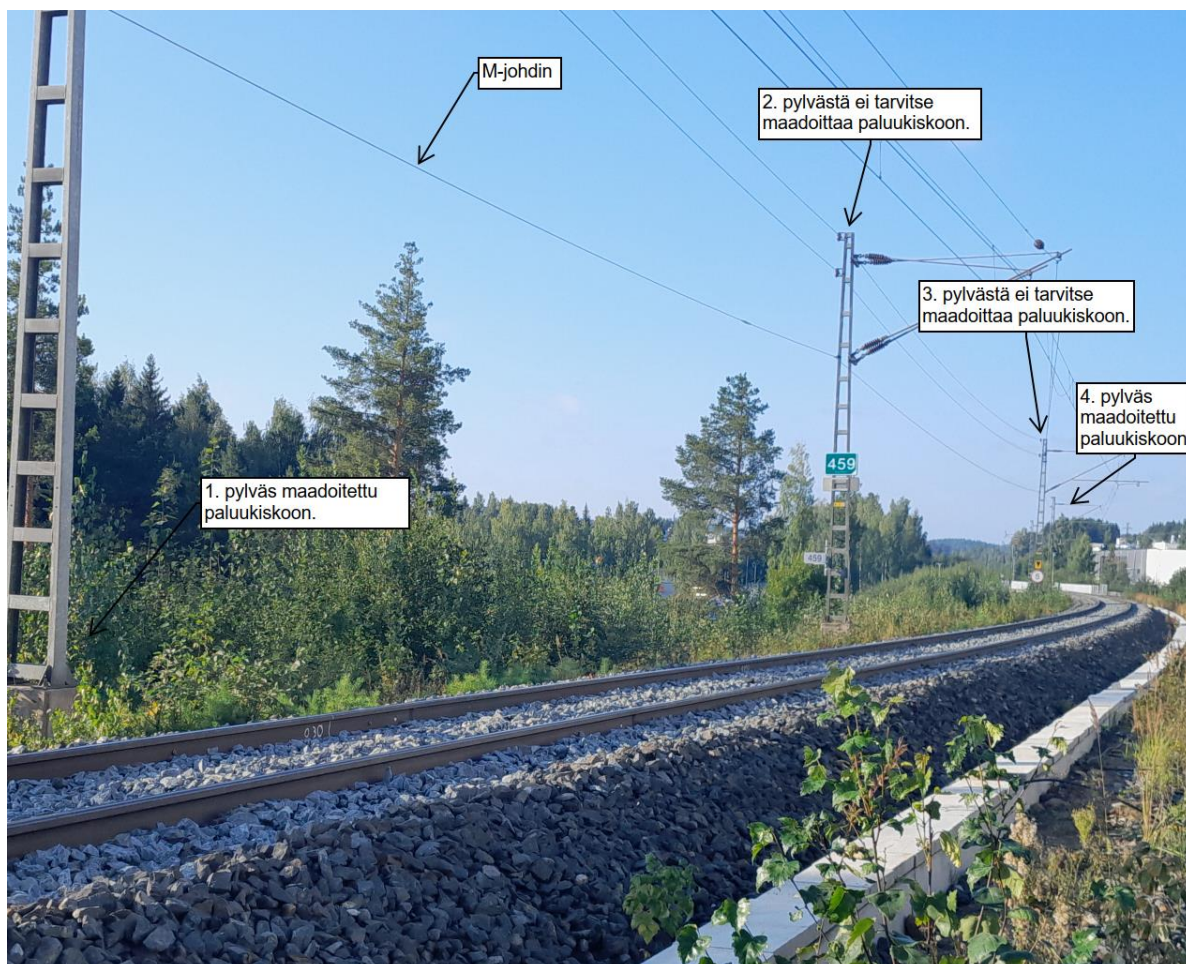


Kuva 30. PKL-pylvään käyttömaadoitukset (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Kaikkiin suoraan paluukiskoon liitettäviin maadoituksiin, kuten suoja- ja käyttömaadoituksiin käytetään nykyisin rautateille suunniteltua  $50 \text{ mm}^2$  SafeCable FeCu rautakupariseosjohdinta. Johdin koostuu rautasäikeistä, jotka ovat päällystetty kuparilla. FeCu on suunniteltu estämään kuparivarkauksia, sillä johtimella ei ole romutusarvoa, sekä se tarttuu varkaiden testausmagneettiin rautasiältonsä takia toisin kuin täysikuparijohdin, joka ei ole magneettinen.  $50 \text{ mm}^2$  FeCu-johdin vastaa johtavuudeltaan n.  $25 \text{ mm}^2$  kuparijohdinta. (Safetrack n.d)

Johdin näyttää kuitenkin ulkopuolisesti hieman tummuneelta kuparijohtimelta, joten hautaamattomat johtimet ovat silti alttiita varkauksille.

Sähköratapylväiden suojamaadoituksessa hyödynnetään yleisesti taivaalla kulkevaa M-johdinta. M-johtimen tarkoituksena on yhdistää pylväät toisiinsa, yksittäisten pylväsmaadoitusten vähentämiseksi. M-johdin rataosuuksilla M-johdolliset sähköratapylväät tulee maadoittaa enintään 215 m välein, monesti tämä toteutetaan niin, että joka neljäs pylväs maadoitetaan jännevälien ollessa 50–65 m, kun taas jokainen M-johdoton pylväs tulee aina maadoittaa suoraan paluukiskoon. (Väylävirasto 2018, 66)

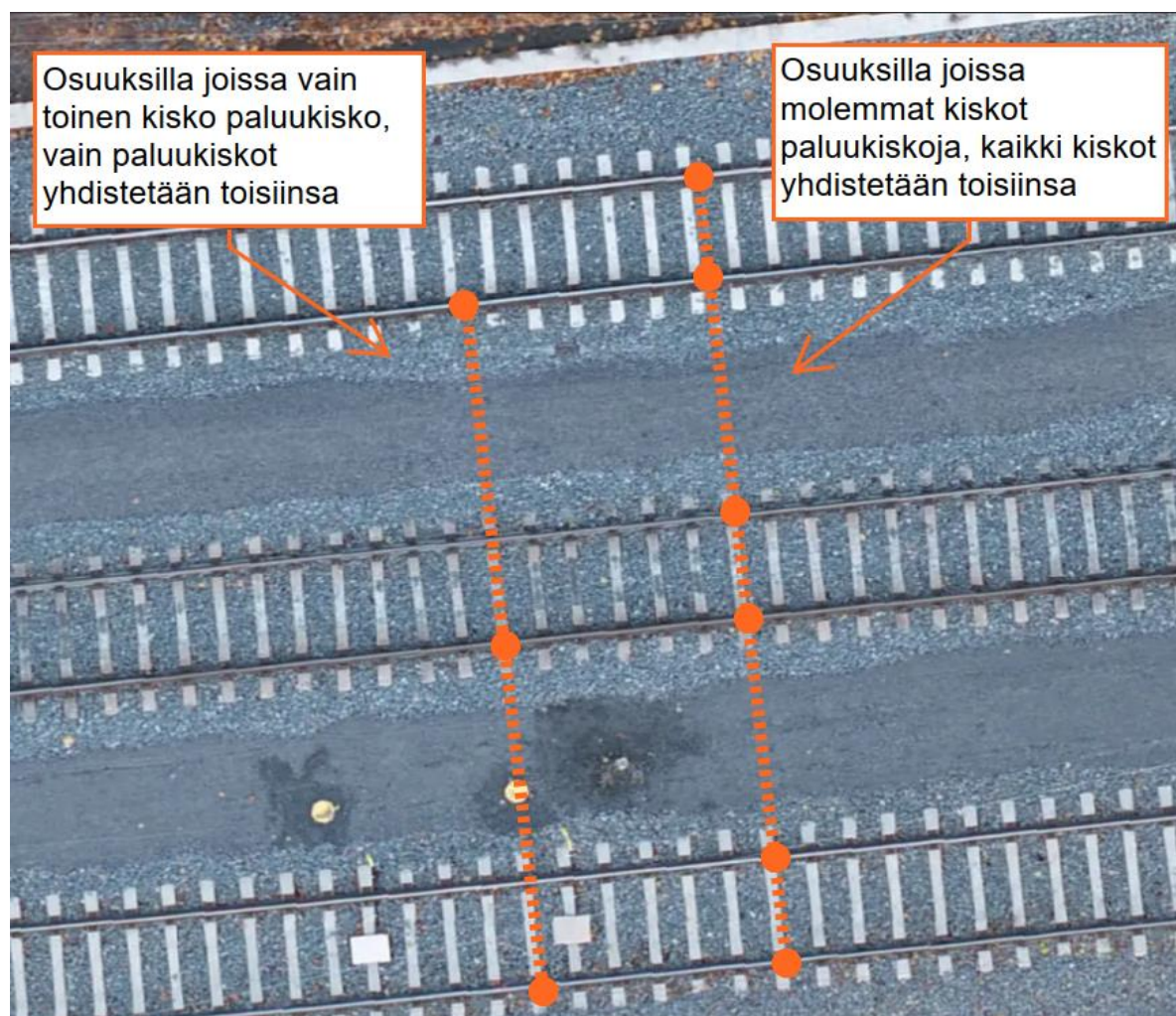


Kuva 31. M-johdin (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Poikittaisyhdistys on nimensä mukaisesti kaikkien raiteiden paluukiskojen yhdistys toisiinsa poikittaisesti rataa nähden. Poikittaisyhdistyksiä esiintyy kaikilla raideosuuksilla, joissa on kaksi tai enemmän raidetta vierekkäin. Suurin sallittu välimatka poikittaisyhdistysten välillä on 430 m (ratapihoilla 500 m) (Väylävirasto 2018, 24). Poikittaisyhdistyksen tarkoituksena on tasata paluuvirtateiden välisiä jännite-eroja sekä taata paluuvirroille hallittu kulkureitti (Friman 2025).

Paluukisko riippuu junankulkuvalvontajärjestelmästä. Osuuksilla, joissa käytetään yksikiskoisesti eristettyä raidevirtapiirillä toimivaa JKV-järjestelmää, toinen kiskoista on paluukisko ja toinen kiskoista on raidevirtapiirin turvalaitekisko, joiden avulla saadaan junan paikkatieto, kun päällä kulkevan junan pyörät oikosulkevat turvalaite- ja paluukiskon (Onnettomuustutkintakeskus 2016, 23). Täten turvalaitekiskoon ei saa kytkeä maadoituksia, sillä maadoitukset oikosulkisivat kiskot ja antaisivat väärää tietoa liikenteenohjaukseen.

Raidevirtapiirittömissä JKV-järjestelmissä molemmat raiteen kiskot ovat paluukiskoja, jolloin kiskot yhdistetään toisiinsa poikittaisyhdistyksessä. Tietyn raiteen kiskot yhdistetään myös toisiinsa tietyillä suunnittelijan määrittämällä pylväillä, kuten linjaosuuksilla M-johdinkiskoonliitäntäpylväiden kohdilla kiskot yhdistetään. (Väylävirasto 2018, 24)



Kuva 32. Poikittaisyhdistys (mukaillen NRC Group Finland Oy 2024)

Potentiaalinojauselektrodi, eli potentiaalin tasausringas on pylväsperustuksen ympärille maan alle asennettava 25 mm<sup>2</sup> kuparijohdin, joka asennetaan kalustettuihin pylväisiin, kuten erotinpylväisiin ja muuntajapylväisiin, sekä tarvittaessa osalle kalustamattomista pylväistä, kosketus- ja askeljäännitteiden pienentämiseksi. (Väylävirasto 2018, 88)



Kuva 33. Potentiaalinojauselektrodi (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Kosketusjännite pylväillä syntyy, kun pylvään ja sen lähistöllä olevan maaperän välillä on huomattava potentiaaliero (Lewis 2022). Esimerkiksi jännitteen indusoitua ajokäytöstä pylväeseen, jonka suojamaadoitukset ovat hajonneet. Tällöin pylvästä koskemalla voi saada sähköiskun, kun virta purkautuu ihmisen kehon lävitse maaperään.

Askeljännite syntyy, kun maaperän pinnassa vaikuttavassa potentiaalissa on huomattavia eroja (Lewis 2022). Esimerkiksi, jos salama osuu pylväeseen. Tämä voi tehdä pylvään ympärillä olevan maaperän hetkellisesti jännitteiseksi pylvään maadoitusten kautta. Tällöin potentiaali laskee mitä kauemmaksi pylvästä mennään eli maaperään syntyy potentiaaliero. Kävelemällä pylvään lähistöllä kauemmaksi pylvästä, voidaan saada sähköisku, kun virta purkautuu ihmisen jalkojen lävitse.

Potentiaalinojauselektrodi vähentää kosketusjännitettä tasaamalla pylvään ja sen ympärillä olevan maaperän potentiaalia yhdistämällä ne galvanisesti (E&S Grounding Solutions n.d). Potentiaalinojauselektrodi tasaa ympärillään olevan maaperän jännitettä vähentäen askeljäännitteitä (Lewis 2022).

## 2.7 Vaihteenlämmitys

Junaraiteissa on liikkuvia osia, kuten vaihteet ja raiteensulut. Näitä liikkuvia osia uhkaa jäätyminen aina pakkasen hyökätessä, joten ne tarvitsevat lämmitykset talvisin. Liikkuvat osat voivat myös tukkiintua pakkaantuvasta lumesta tai junista putoavista jääpaloista.



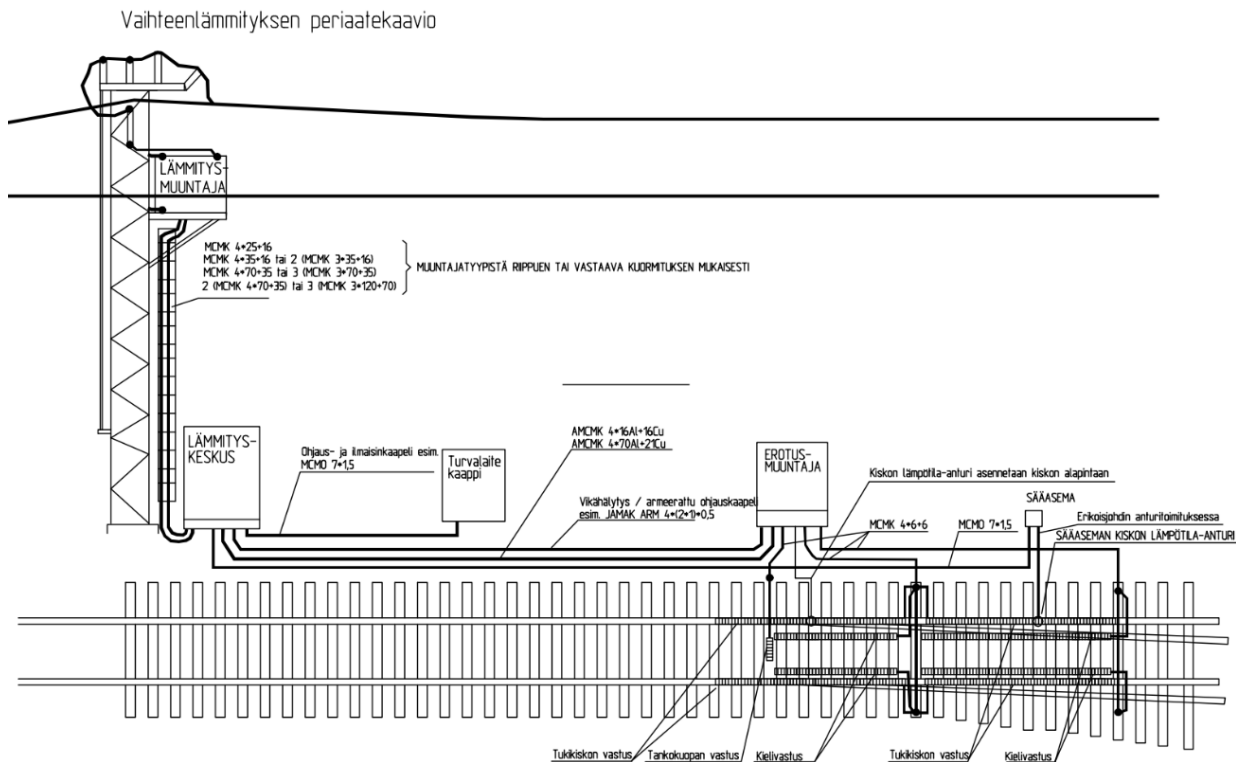
Kuva 34. Raiteensulku (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)



Kuva 35. Vaihte (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Syötöt lämmityksille otetaan ratajohdosta, tämä onnistuu vaihdelämmitysmuuntajien avulla. Kaikki uudet vaihteenlämmitysmuuntajat ovat 1-vaihejännitemuuntajia, joiden muuntosuhde on 25/0,4 kV. Erotten normaaliin sähköverkkoon, toisoin syöttämä jännite on vaihejännitettä, eli 400 V jännite on maan ja vaiheen välillä. (Ratahallintokeskus 2006, 10)

Vanhoja jänniteporrastettuja vaihteenlämmitysmuuntajia, joissa toisiojännite porrastetaan jännitteisiin 400, 347 ja 283 V, saattaa löytyä vanhemmilta rataosuuksilta. Jänniteporrastettuja muuntajia ei kuitenkaan enää käytetä uudisrakentamisessa, vaan nykyisin yleisempi menetelmä on käyttää erotusmuuntajakohtaista säätöjärjestelmää, jossa 400 V jännite kulkee vaihdekohtaisille erotusmuuntajille asti, joissa jännite porrastetaan 230, 240, 250 ja 260 V jännitteisiin. Näistä voidaan sitten valita sopiva jännitetaso vaihdelaajennuksessa käytettäville lämmitysvastuksille.

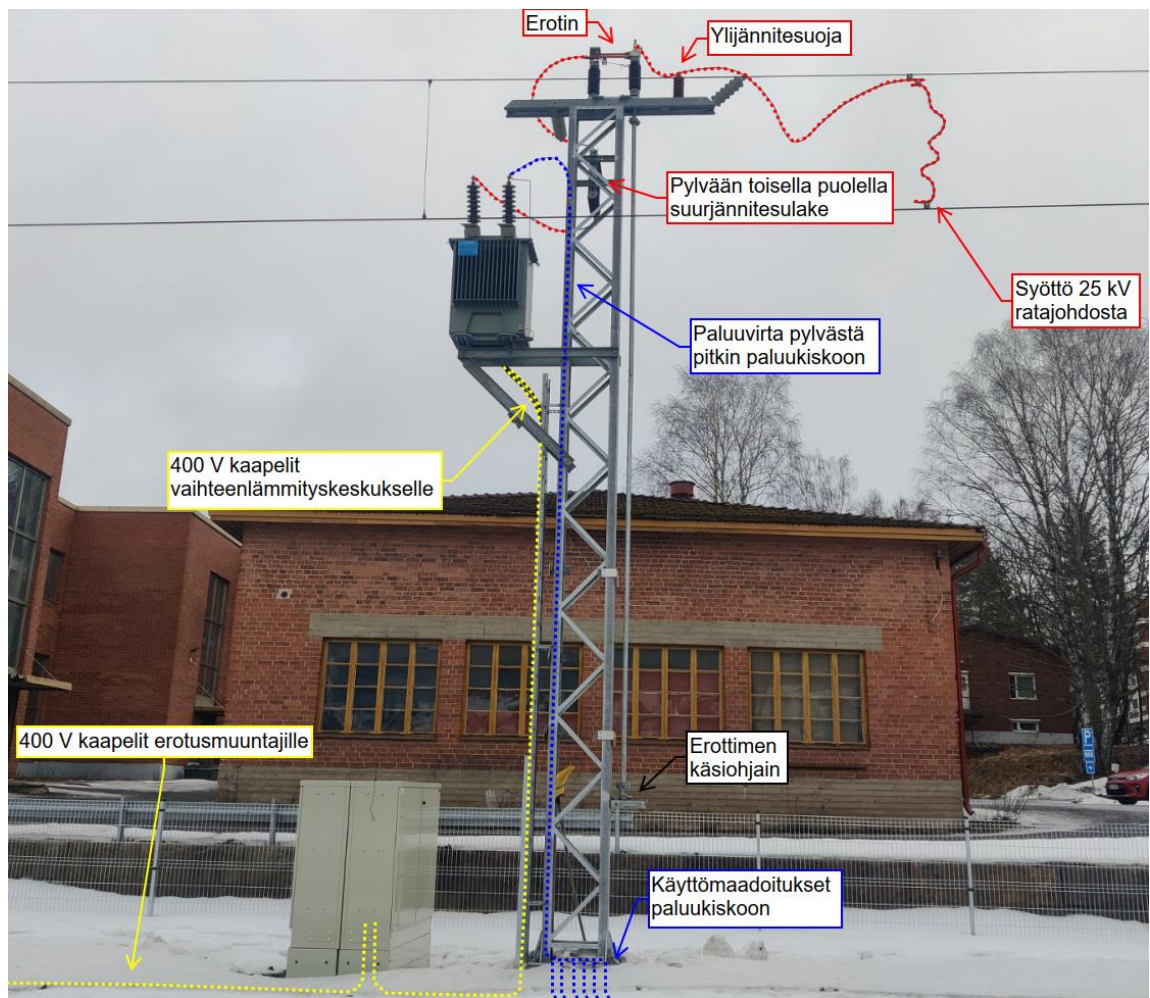


Kuva 36. Vaihteenlämmityksen periaatekaavio (Ratahallintokeskus 2006, liite 18)

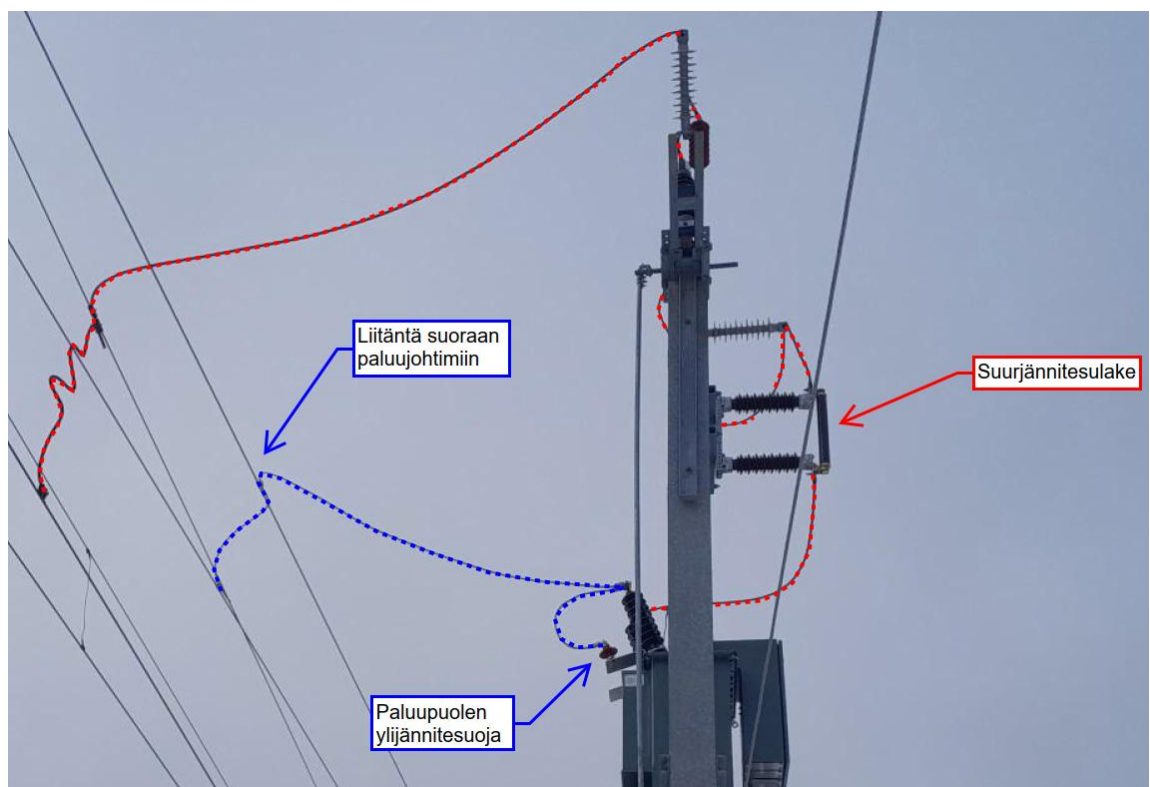
Sähkörata-asennuksiin yleensä kuuluu itse vaihteenlämmitysmuuntajien asentaminen, sekä kytkentä ensiö- ja toisiopuolelta. Muuntajien kytkennässä paluuvirtapuoli voidaan kytkeä joko paluukiskoon tai suoraan paluujohtimiin. Näistä suoraan paluujohtimiin kytkeminen on yleisempi ja suositeltavampi tapa, sillä tällöin paluuvirran ei tarvitse kulkea lainkaan suojamaadoitusten tai paluukiskon kautta. (Ratahallintokeskus 2006, 43, 45)

Aina kuitenkin ei paluujohtimia ole muuntajien läheisyydessä, jolloin muuntajan paluuvirta kytketään sähköratamaadoitusten kautta kulkemaan paluukiskossa. Pylvääseen kytkiessä käyttömaadoitukset tehdään kaksinkertaisena, eli 6 kpl maadoitusjohtimia kytketään pylvään ja paluukiskon välille. Jos pylväässä kuitenkin on M-johdin ja muuntajan paluuvirta kytketään siihen, ei tarvitse käyttömaadoitusta tehdä kaksinkertaisena, sillä M-johdin parantaa muuntajapylvään maadoitusta merkittävästi. (Ratahallintokeskus 2006, 43–44)

Muuntajan syöttöpuolelle asennetaan ylijännitesuoja, erotin ja suurjännitesulake. Paluuvirtapuolelle asennetaan ylijännitesuoja ainoastaan, kun muuntajan paluuvirtapuoli kytketään suoraan paluujohtimiin (Ratahallintokeskus 2006, 45). Ylijännitesuoja suojaa laitteita ylijännitteiltä päästämällä vaarallisen korkeat jännitteet suoraan maihin. Täten ylijännitesuojaa ei tarvitse, kun paluuvirta kytketään suoraan pylvääseen eli maadoituksiin, sillä ylijännitesuoja käytännössä yli heitetään.



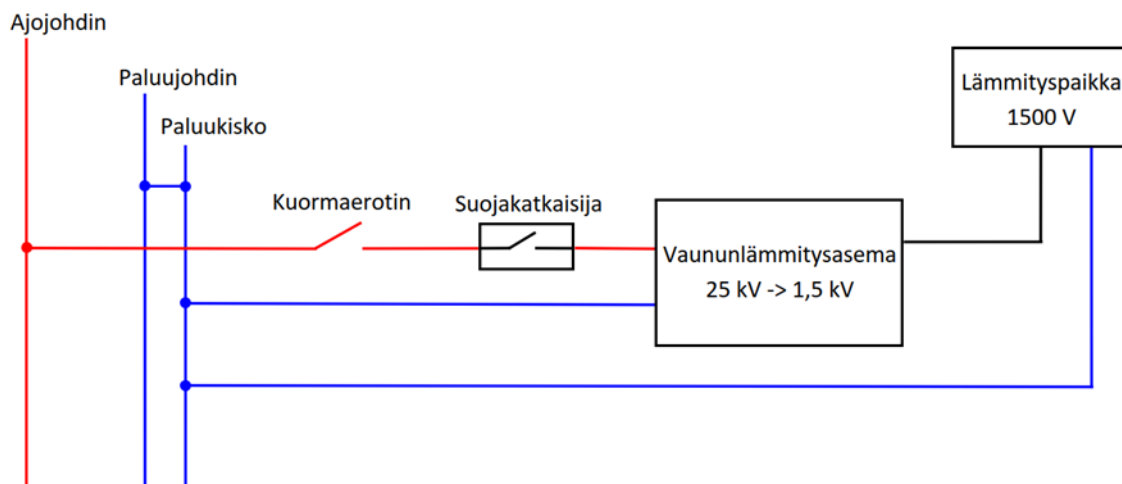
Kuva 37. Vaihteenlämmitysmuuntaja, paluuvirta pylvään kautta (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)



Kuva 38. Vaihteenlämmitysmuuntaja, liitäntä suoraan paluujohtimiin (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

## 2.8 Vaununlämmitys

Talvisin henkilöjunien vaunut tarvitsevat vaununlämmitykset. Tämä toteutetaan vaununlämmitysasemien avulla. Vaununlämmitysasemat ottavat syötön ratajohdosta. Ratajohdon 25 kV muunnetaan vaununlämmitysaseman sisällä olevalla muuntajalla 1500 V jännitteeksi (Väylävirasto 2018, 16). Vaununlämmitysasemasta lähtee vaununlämmityskaapelit yleensä raiteiden vierustoissa sijaitseville vaununlämmityspaikoille.



Kuva 39. Vaununlämmitys periaatekuva



Kuva 40. Vaununlämmitysasema (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Lämmityspaikoissa on 1500 V pistokkeet vaunuihin liittämistä varten. Lämmityspaikat ovat käyttömaadoitettavia kohteita. Lämmityspaikat sijoitetaan yleensä pareittain vaunujen säilytykselle tarkoitettujen raiteiden väleihin. Lämmityspaikoissa on 1500 V pistoke ja ohjauspainike, jolla jännite kytketään pistokkeeseen. Painike on lukittu, joten sitä ei pääse painamaan ilman oikeaa avainta.



Kuva 41. Vanhat lämmityspaikat raiteiden välissä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Uudenmalliset lämmityspaikat tunnistaa keltaisesta väristä. Uusissa lämmityspaikoissa 1500 V pistoke ja ohjausnappi on kokonaan lukitun keskuksen sisällä, joten kumpaankaan ei pääse käsiksi ilman oikeaa avainta.



Kuva 42. Uudet lämmityspaikat raiteiden välissä (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

Syöttö vaununlämmitysasemille yleisesti kuormaerotimen, sekä suojakatkaisijan lävitse. Kuormaerotimen ansiosta vaununlämmitysaseman syötön voi katkaista ilman hetkellistä jännitekatkoa. Suojakatkaisija katkaisee syötön, kun vaununlämmitysasemalla oleva suojarele havahtuu ylivirtaan.

Kuormaerotin toimii vaununlämmitysaseman ensisijaisena syötön katkaisuvälineenä. Suuri osa paluuvirrasta kulkee 25 kV kaapelin konsentrisen johtimen kautta erotinpylvääseen, ja pylvään kautta paluukiskoon, jolloin pylväs tarvitsee käyttömaadoitukset.



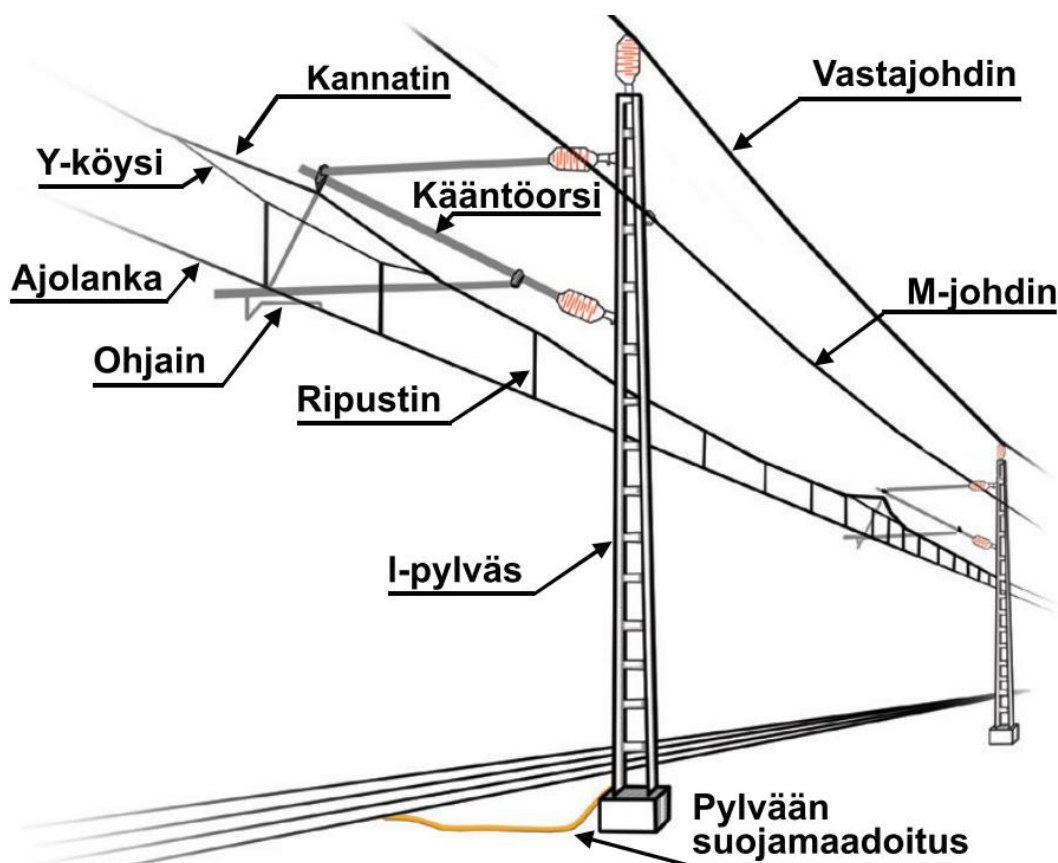
Kuva 43. Vaununlämmitysaseman erotinpylväs (Kuronen 2024, CC BY-NC-SA)

### 3 SÄÄSTÖMUUNTAJAJÄRJESTELMÄ

Säästömuuntajajärjestelmä, eli 2x25 kV sähköistysjärjestelmä on vaihtoehtoinen tapa rakentaa sähkörataverkkoa. Säästömuuntajajärjestelmässä eroaa 25 kV järjestelmästä siinä, että käytetään paluujohtimien sijasta vastakkaismerkkistä -25 kV vastajohtinta, johon paluuvirta pakotetaan säästömuuntajien avulla. (Väylävirasto 2018, 22)

Syöttöasemalla sijaitsevan syöttömuuntajan (110/50 kV) toisiokäämi kytketään ajolangan ja vastajohtimen väliin. 50 kV toisiokäämin keskipiste kytketään paluukiskoon, jolloin syöttöjännite ajolangan ja paluukiskon välillä on puolet ajolangan ja vastajohtimen välillä vaikuttavasta jännitteestä. Radalle asennetaan myös tietyin välimatkoin säästömuuntajia, jotka muuntavat 50 kV tehonsiirtojännitteen uudelleen 25 kV jännitteeksi häviöiden kompensoinniksi. Näin tehoa voidaan siirtää 50 kV jännitteellä, jolloin ratajohdon tehonsiirtokyky paranee ja syöttöasemien matka voi olla huomattavasti pidempi, mutta junat saavat silti 25 kV jännitteen. (Väylävirasto 2018, 22)

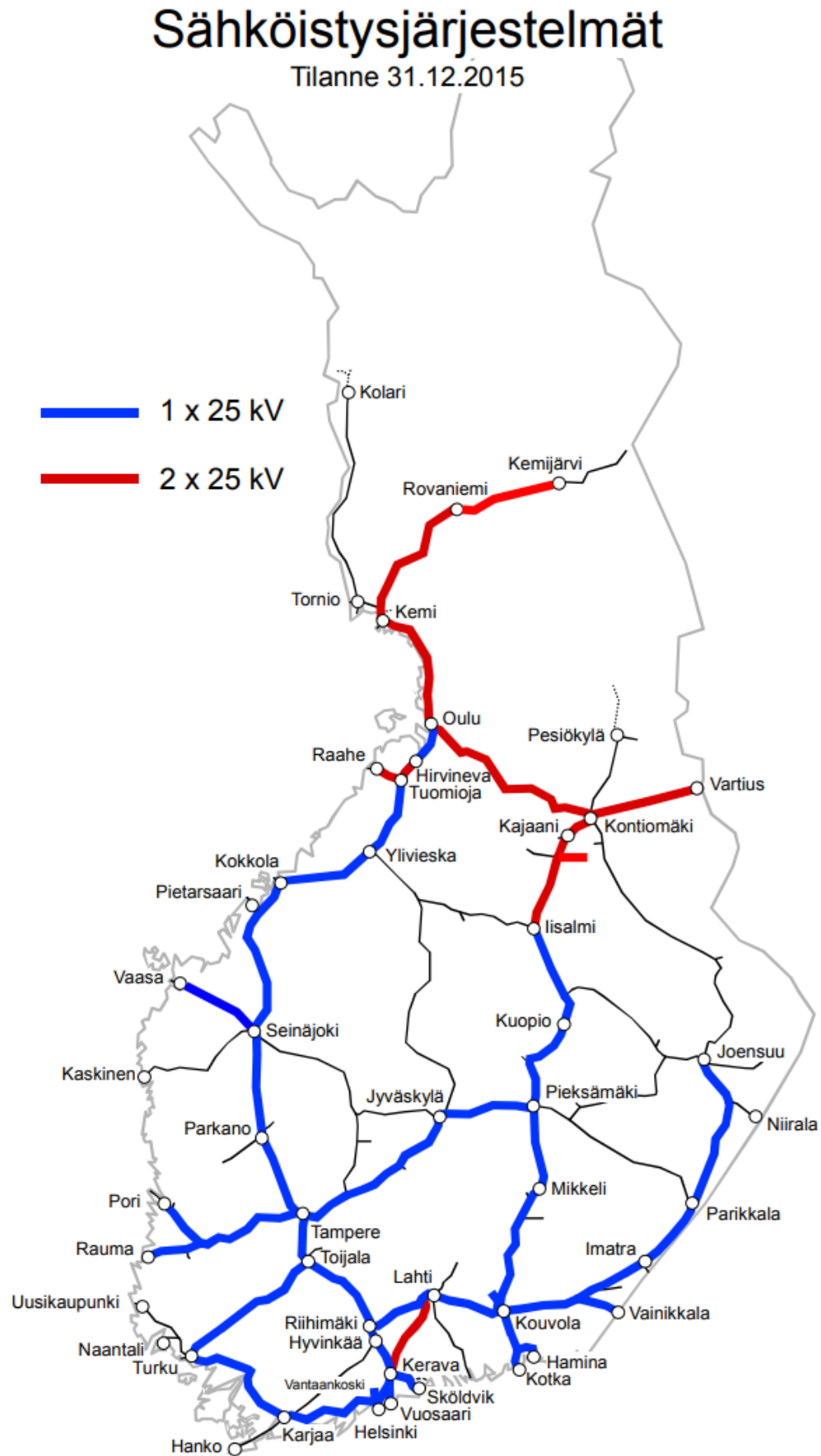
Paremmen tehonsiirtokyvyn takia säästömuuntajajärjestelmää suositetaan uuden sähköistyksen rakentamisessa. Syöttöasemien välimatkat ovat yli kaksinkertaisia imumuuntajajärjestelmään nähden imumuuntajajärjestelmän syöttöasemien välimatkojen ollessa n. 35 km ja säästömuuntajajärjestelmässä n. 90 km. (Friman 2025)



Kuva 44. Ratajohdon rakenne, säästömuuntajajärjestelmä (Väylävirasto 2018, 6)

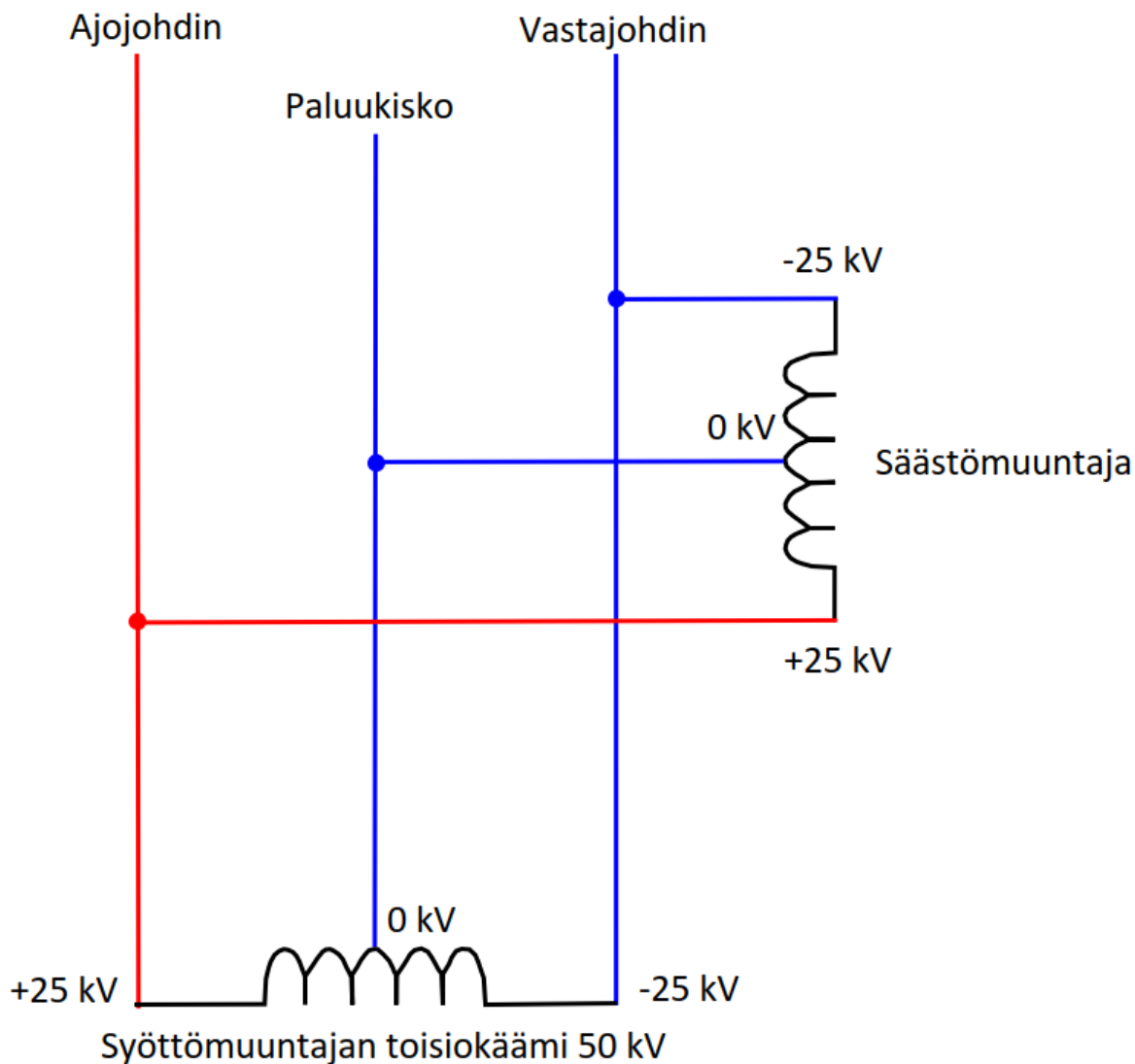
Imumuuntajajärjestelmä on kuitenkin yleisempi sähköistystapa, sillä sitä käytettiin yli 30 vuotta ennen uuden säästömuuntajajärjestelmän tuloa. Ensimmäinen Suomen 2x25kV järjestelmällä sähköistetty rataosuus tehtiin rataosalle Tuomioja-Raahe vuosina 2000–2001 (Verkkouutiset 2000).

Alla olevassa kuvassa esitetty sähköistysjärjestelmät Suomessa, josta näkyy immuuntaja- ja säästömuuntajajärjestelmien laajuusero.



Kuva 45. Sähköistysjärjestelmät Suomessa (Väylävirasto 2016, liite 1)

Säästömuuntajat ovat muuntajia, joissa on vain yksi käämi, joten muuntajassa ei ole tavanmukaisesti ensiö- tai toisiopuolta. Säästömuuntajien käämi kytketään syöttömuuntajan toisiokäämin tavoin. Ajolanka ja vastajohdin kytketään käämin napoihin, ja paluukisko kytketään käämin keskiväliin, jossa potentiaali on 0 V. Ajolangan ja paluukiskon välillä vaikuttaa tällöin 25 kV potentiaali, kun taas ajojohtimen ja vastajohtimen välillä vaikuttaa 50 kV potentiaali. (Väylävirasto 2018, 22)



Kuva 46. Syöttömuuntajajärjestelmä periaatekaavio

Säästömuuntajien väleillä paluuvirta kulkee paluukiskoissa, ja M-johtimessa. Paluuvirta ei kuitenkaan karkaa maaperään, sillä säästömuuntajien impedanssin on pieni. Niin pieni että lyhyin matka paluuvirralla takaisin syöttöasemalle on säästömuuntajan kautta. (Väylävirasto 2018, 22)

”Säästömuuntajien välimatka saa olla korkeintaan 7 km, jotta kiskopotentiaali ja indusoituneet jännitteet eivät ylitä raja-arvoja” (Väylävirasto 2018, 22).

## 4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaiseksi käsikirja, jota hyödyntämällä sähkörata-asentaja pystyy perehtymään sähkörataverkkoon, sekä kykenee suorittamaan yleiset sähkörata-asennukset käsikirjan ohjeistusta noudattamalla ilman aikaisempaa kokemusta kyseisistä asennuksista.

Käsikirjan vaatimuksiksi oli asetettu tilaajan kanssa seuraavat:

- Käsikirjan tulee kattaa kaikki yleisimmät 25 kV sähkörata-asennukset.
- Sähkörata-asentajan tulee pystyä suorittamaan kaikki kirjassa mainitut asennukset itsenäisesti seuraamalla kirjan ohjeita.
- Käsikirjan johdannossa selitetään kaikki olennaiset 25 kV junaverkkoon kuuluvat osat ja niiden roolit sähkörata-asennuksiin liittyen.

Käsikirjan laatiminen koostui kuvien ottamisesta, asennusmenetelmien muistiinpanosta, vanhojen valtionrautateiden ohjeistuksien uusimisesta, sekä tiedon poiminnasta erinäisistä lähteistä kuten liikenneviraston ohjeista RATO 5 ja ”sähkörataohjeet”.

Työ aloitettiin kesällä 2024 kuvamateriaalin keräämisellä, jonka jälkeen käsikirjan oli tarkoitus valmistua vuoden 2024 syksyn aikana, mutta aikamääreitä siirrettiin sovitusasiain kanssa työkiireiden vuoksi keväälle 2025.

Kuvien ottamisessa syntyi haasteita. Yksi haittatekijä oli sähköratatyövuorot. Sähköratatyövuorot ovat ajoittain kiireellisiä lyhyiden työrakojen vuoksi. Suurin osa sähköratatöistä vaatii jännitekatkoa ratajohdolle, jonka pituus tilanteen mukaan vaihtelee yleisesti n. 2–6 h välillä. Riippuen työstä jopa kuuden tunnin katko voi olla kiireinen, jonka takia kaikissa katkoissa ei yleensä kerennyt ottamaan valokuvia asennuksien eri vaiheista ja täten käsikirjan kuvamateriaalin saatavuus ja laatu vaihtelee kappaleiden välillä, mutta kaikki asennukset välivaiheineen on kuitenkin selitetty sanallisesti vaiheittain. Sähköratatyövuorojen olosuhteet kuten huonot kelit tai pimeät yöt olivat myös toinen suuri haittatekijä kuvien ottamisen puolesta.

Kuvien puuttuminen myös vaikeutti asennusvaiheista kirjoittamista, kun ei pystynyt viittaamaan havainnollistaviin kuviin. Täten korostuu hyvän kuvamateriaalin tärkeys käsikirjamuotoisissa ohjeistuksissa.

Näin jälkepäin pohtien käsikirjaa ei olisi kannattanut lähteä rakentamaan näin kattavaan aihealueeseen tyhjältä, vaan olisi kannattanut rajata käsikirja pienempiin aihealueisiin, jolloin tiettyyn alueeseen ja siitä kuvamateriaalin keräämiseen olisi voitu syventyä tarkemmin. Kuitenkin työn laajuuden vuoksi tietämystä sähkörataverkosta ja sähkörata-asennuksista kartutettiin merkittävästi, ja tämä oppi on ylivoimaisesti käsikirjan laatimisen suurin anti.

Tilaaja oli tyytyväinen lopulliseen tuotokseen. Tilaajan kanssa sovittiin, että käsikirja jää ns. käsikirjan ensimmäiseksi versioksi, jolloin kuvamateriaalin lisäystä ja muokkausta voidaan harjoittaa tulevaisuudessa töiden ohella, samalla kun käsikirjaa otetaan käyttöön, sillä kuvamateriaali jokaisesta välivaiheesta ei kuitenkaan kuulunut alun perin sovittuihin käsikirjan vaatimuksiin. Jatkotyöaiheena voisi olla muun muassa käsikirjan laajentaminen harvinaisempien asennusten osin, joita ei käsikirjassa käsitelty. Käsikirjan pohjalta voidaan myös laatia esimerkiksi opetusvideoita.

## LÄHTEET

Eerola, Mikko 2025. Kuva erilliskiristyksestä. Valokuva, 11.3.2025. Jyväskylä: M. Eerolan sähkörata-kuvakokoelma.

E&S Grounding Solutions n.d. Understanding Step and Touch Potential: Mitigating Electrical Hazards. Verkkojulkaisu. <https://esgrounding.com/step-and-touch>. Viitattu 11.3.2025.

Friman, Jori 2025. Projektipäällikkö, NRC Group Finland Oy. Vastauksia sähköratajärjestelmiin liittyviin kysymyksiin. Yksityinen sähköpostiviesti 11.3.2025. Viestin saaja: Timo Kuronen

Kuronen, Timo 2024. Sähköratakuvakokoelma. Valokuva, kuvauspäiviä useita. Kuopio: T. Kurosen sähköratakuvakokoelma.

Lewis David 2022. Substation Grounding Design: Reducing Step and Touch Voltage Hazards. Verkkojulkaisu. <https://www.electricalsafety.com/features/substation-grounding-design-reducing-step-and-touch-voltage-hazards/>. Viitattu 10.3.2025.

Liukkonen Eemil 2024. Coming on the downhill while getting faster. Valokuva. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/190932791@N04/54233588647/in/dateposted/>. Viitattu 10.3.2025.

NRC Group Finland Oy, 2025. Ilmakuva Kuopion ratapihasta. Infrakit. Viitattu 11.3.2025.

NRC Group Finland Oy, 2025. NRC Group yritysesittelyaineisto ulkoiseen käyttöön. Powerpoint-diat. Yritysesittelymateriaalit. NRC Group Finland Oy 22.2.2025.

Onnettomuustutkintakeskus, 2016. Metrojunien törmäminen Helsingin Itäkeskuksessa. PDF-dokumentti. [https://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/raideliikenneonnettomuuksientutkinta/2016/epy1b24DP/R2016-04\\_Helsinki-tutkintaselostus.pdf](https://turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/raideliikenneonnettomuuksientutkinta/2016/epy1b24DP/R2016-04_Helsinki-tutkintaselostus.pdf). Viitattu 3.4.2025.

Pthd 2014. Raiteet-kappaleita-rautatie-sora. Valokuva. Pixabay. <https://pixabay.com/fi/photos/raiteet-kappaleita-rautatie-sora-406288/>. Viitattu 17.3.2025.

Raidepuolue n.d. 50 vuotta vakinaista sähköjuna liikennettä Suomessa - Ensimmäinen sähköjuna kulki Helsingistä Kirkkonummelle. Verkkojulkaisu. <https://raidepuolue.fi/uutiset//50-vuotta-vakinaista-shkjunaliikennett-suomessa-ensimminen-shkijuna-kulki-helsingist-kirkkonummelle>. Viitattu 11.3.2025.

Ratahallintokeskus 2006. Vaihteenlämmityksen tekniset määreet. PDF-dokumentti. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_b17\\_vaihteenlammityksen\\_tekniset\\_maareet.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_b17_vaihteenlammityksen_tekniset_maareet.pdf). Viitattu 26.2.2025.

Safetrack n.d. 50 mm<sup>2</sup> SafeCable© Steel/Cu, bare wire. Verkkojulkaisu. <https://www.safetrack.se/en/?id=35941>. Viitattu 26.2.2025.

Trackopedia n.d. Power systems and overhead lines. Verkkojulkaisu. <https://www.trackopedia.com/en/encyclopedia/infrastructure/power-systems-and-overhead-lines#top>. Viitattu 3.4.2024.

Verkkouutiset, 2000. Ratahallintokeskus panostaa Pohjois-Suomen ratoihin. Verkkojulkaisu. [http://w3.verkkouutiset.fi/arkisto/Arkisto\\_2000/3.maaliskuu/rata0900.htm](http://w3.verkkouutiset.fi/arkisto/Arkisto_2000/3.maaliskuu/rata0900.htm). Viitattu 11.3.2025.

Väylävirasto 2016. Sähkörataohjeet. PDF-dokumentti. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2016-07\\_sahkorataohjeet\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf). Viitattu 19.2.2025.

Väylävirasto 2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 Sähköistetty rata. PDF-dokumentti. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2018-23\\_rato5\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-23_rato5_web.pdf). Viitattu 19.2.2025.

Väylävirasto 2018. Turvallinen työskentely sähköistetyllä radalla. PDF-dokumentti. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/esite\\_turvallinen\\_tyoskentely\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/esite_turvallinen_tyoskentely_web.pdf). Viitattu 17.3.2025.

Väylävirasto 2023. ERTMS/ETCS-muuttujien Suomen kansalliset arvot. PDF-dokumentti. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-24\\_ERTMS\\_ETCS\\_kansalliset%20arvot\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-24_ERTMS_ETCS_kansalliset%20arvot_web.pdf). Viitattu 3.4.2024.

Väylävirasto 2024. Tietoa väylistä: Rataverkko. Verkkajulkaisu. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>. Viitattu 19.2.2025.