

[Etusivu](#) » **Ratasähkö**

Pääkaupunkiseudun raitiotien suunnitteluohje

Ratasähkö

Lait, standardit, säädökset

Pääkaupunkiseudun raitiotiesuunnitteluohjeen lähtökohtana noudatetaan TUKES luetteloa S10-2019

Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit, päivitetty 23.1.2019

Raitiotien sähköjärjestelmien suunnittelussa noudatettavat lait ja asetukset:

- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta 1434/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensovituksesta 1436/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 1437/2016

Raitiotien sähköjärjestelmän suunnittelun ja rakentamisen lähtökohtana käytettävät standardit:

- SFS 6000, Sähköasennukset osa 1; Pienjänniteasennukset
- SFS 6001, Sähköasennukset; Suurjänniteasennukset ja ilmajohdot
- SFS 6002, Sähköasennukset osa 2; Sähkötyöturvallisuus

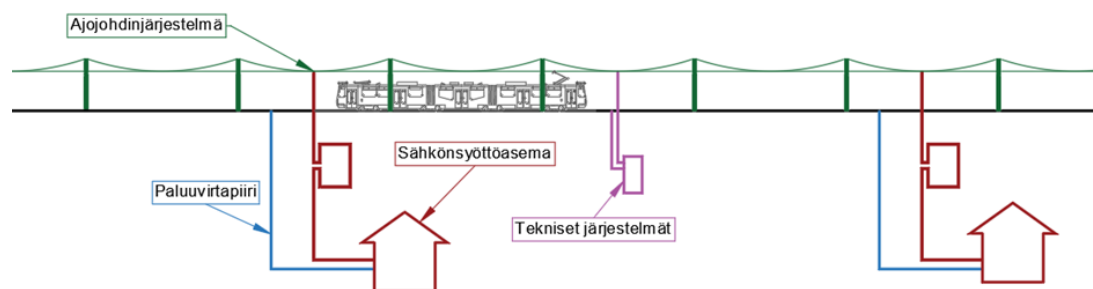
- SFS – EN 50119, Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines
- SFS – EN 50122-1, Railway applications – Fixed installations — Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing.
- SFS – EN 50122-2, Railway applications – Fixed installations — Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems
- EN 50162; Protection against stray current from direct current systems
- SFS – EN 5013, Railway applications – Supply Voltages of the traction systems

Yleiset periaatteet

Ratasähköjärjestelmä on raitiotien sähköjakeluverkko, jota käytetään liikkuvan kaluston käyttämän energian siirtämiseen. Se sisältää kaiken raitiotiesähköistykseen kuuluvat järjestelmät niihin kuuluvat osat ja rakenteet. Ratasähköjärjestelmä sisältää:

- ajojohdinjärjestelmä
- paluuvirtapiiri
- tekniset järjestelmät, joilla on sähkönsyöttö ajojohtimesta
- sähkönsyöttö: sähkönsyöttöasemat ja erottimet

Alla on esitetty ratasähköjärjestelmän rakenne kuvassa 1. Kuvassa on esitetty ajojohdinjärjestelmä vihreällä, paluuvirtapiiri sinisellä, tekniset järjestelmät vaaleanpunaisella ja sähkönsyöttö punaisella värillä.



Kuva 1. Ratasähköjärjestelmän rakenne.

Raitiotien ratasähköjärjestelmässä sähkönsyöttöasemat muuntavat ja tasasuuntaavat jännitetason raitiovaunulle sopivaksi. Raitiovaunu saa ajojännitteen sähkönsyöttöasemalta ajojohdinjärjestelmän kautta. Virta johdetaan raitiovaunun virroittimella vaunun sähkökäyttöille. Ajokiskot ja paluuvirtakaapelit muodostavat paluuvirtapiirin raitiovaunun ja sähkönsyöttöaseman välille.

Pääkaupunkiseudulla raitiotiellä on käytössä kahta erilaista ajojohdinverkon nimellisjännitettä. Uudet raitiotiejärjestelmät suunnitellaan nimellisjännitteeltään 750 V tasavirtajärjestelmäksi. Helsingin kantakaupungissa on tämän lisäksi käytössä 600 V nimellisjännitteellinen tasavirtajärjestelmä. Helsingissä ajojohtimen potentiaali on miinus (-).

Raitiotien sähkönsyöttöä varten on varattava tilaa ajojohdinjärjestelmälle ja sähkönsyöttöasemille. Lisäksi katutilaan sijoittuu sähkönsyötön erottimia, paluuvirtakeskuksia, vaihdelämmityskeskuksia, vaihdeohjauskeskuksia ja pysäkkikeskuksia.

Ajojohdinjärjestelmä

Ajojohdinjärjestelmä on osa ratasähköjärjestelmää, joka sisältää kaikki sähkönsyöttöpisteen ja vaunun virroittimen väliset osat ja rakenteet:

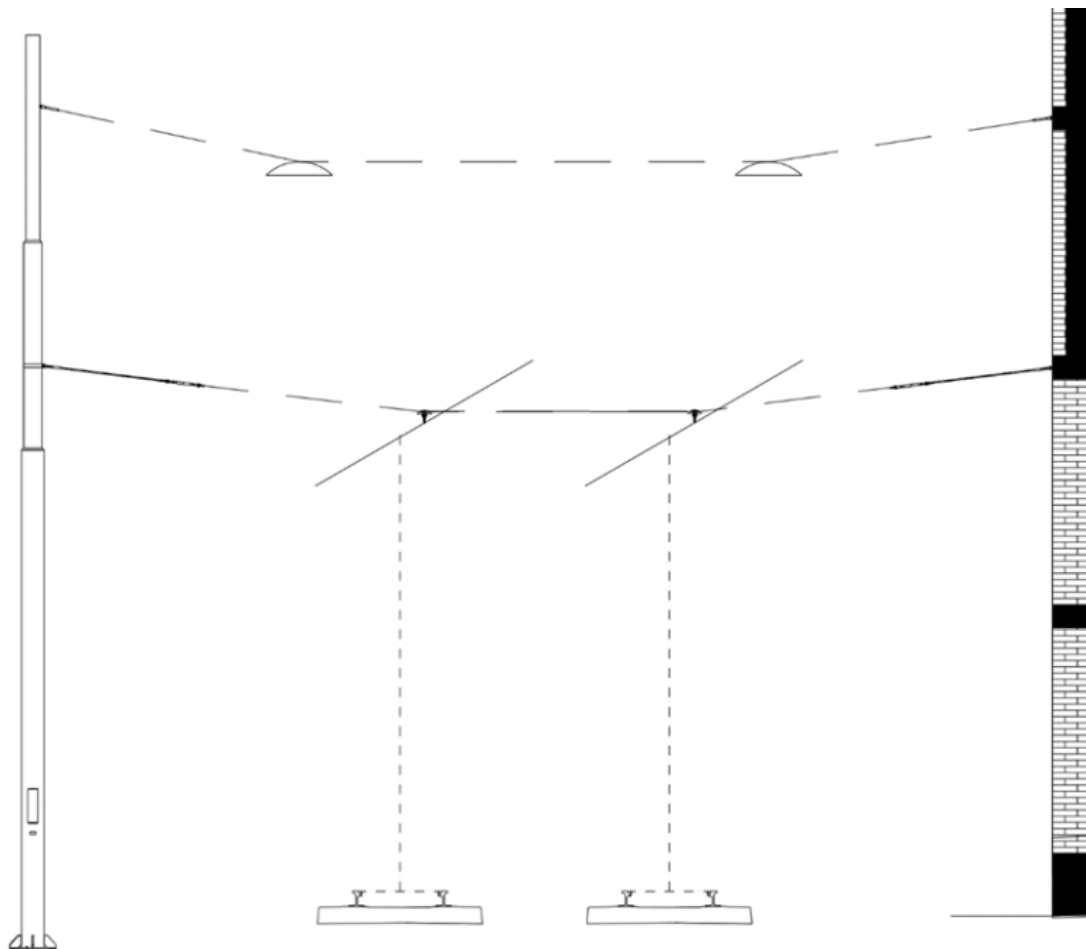
- ajojohdin
- rakenteet ja perustukset
- kannattimet ja kaikki johtimia kannattelevat komponentit
- ripustusvaijerit
- kiristyslaitteet
- ajojohtimen syöttökaapelit ja muut johdot, kuten maadoitusjohdot ja paluujohtimet, niin pitkälle kuin ne ovat kiinnitettynä ajojohtimen rakenteisiin

Ajojohdinjärjestelmän termit on esitetty luvussa Termistö.

**Kompensoimaton ajojohdinrakenne pelkällä ajolangalla
(nopeudet yleensä < 50 km/h)**

Kantakaupungissa on nykyisin käytössä kompensoimaton ajojohdinrakenne pelkällä ajolangalla. Ei kompensoitu (ei paino-/jousikiristetty) ajojohdin vaatii lyhyet pylväsjänteet ja on epätasapainoinen; kesällä ajojohdin on löysä, kun taas talvella kireä.

Järjestelmän maksimijännepituus on 26 m. Pitempiä jänteitä on olemassa nykyisessä verkossa, mutta käytäntö on osoittanut, että yli 25 m jänteet aiheuttavat ei-kompensoituun järjestelmään ongelmia. Kompensoimaton ajojohdinrakenne pelkällä ajolangalla on toimiva aivan kaupungin keskustassa, missä on paljon jyrkkiä kaarteita ja köysiportaalit on asennettu rakennuksiin. Muutoin olisi syytä tarkastella vaihtoehtoisia järjestelmiä.



Kuva 2. Kantaverkon köysiportaaliripustus.

Kompensoitu ajojohdinrakenne pelkällä ajolangalla

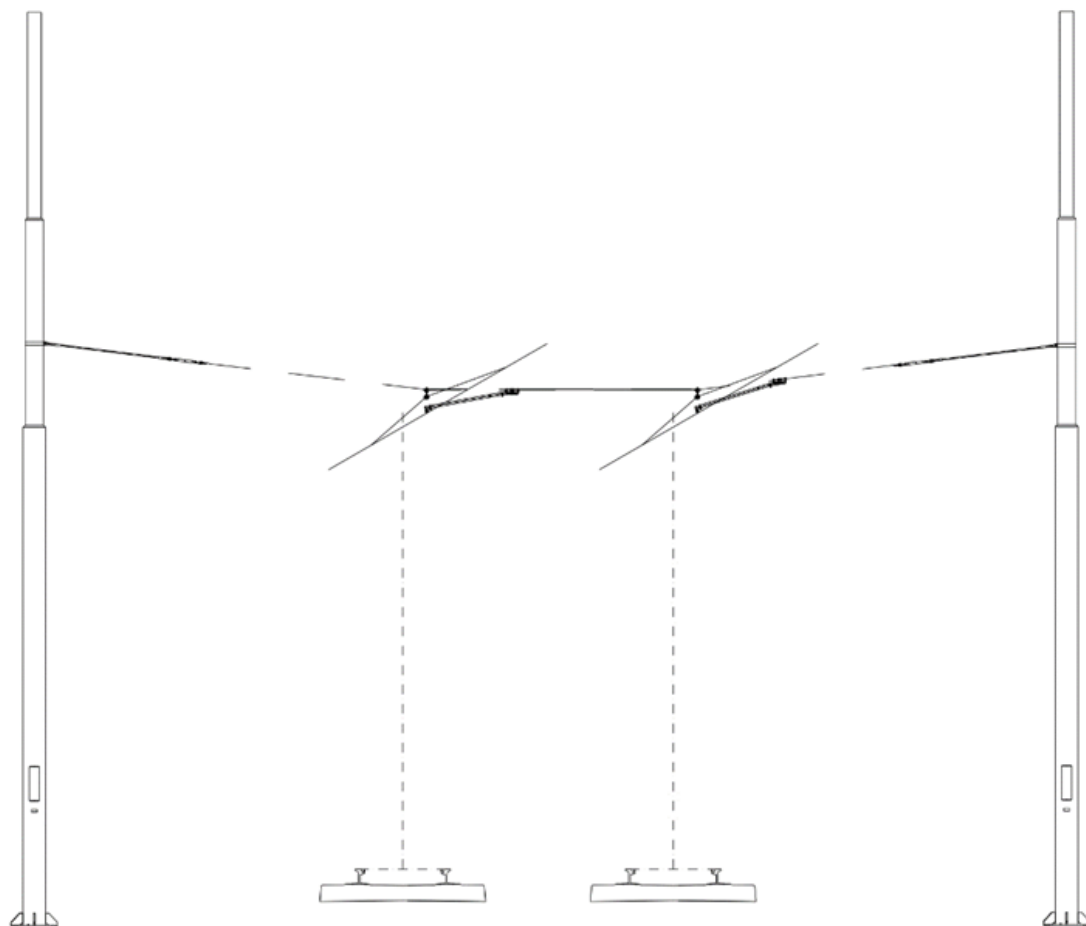
Kompensoitu (paino-/jousikiristetty) ajojohdin pysyy samalla kireydellä riippumatta ulkolämpötilasta, koska kiristyspainot tai jousi tasoittaa lämpötilamuutokset. Paino- tai jousikiristetty ajojohdin mahdollistaa myös pitempiä pylväsjänteitä. Tulevissa uusissa hankkeissa on aina

harkittava mahdollisuus muuttaa olemassa olevaa vanhaa ei-kompensoitu ajojohdinjärjestelmä kompensoituun järjestelmään. Uudiskohteisiin tulisi aina käyttää paino- tai jousikiristystä.

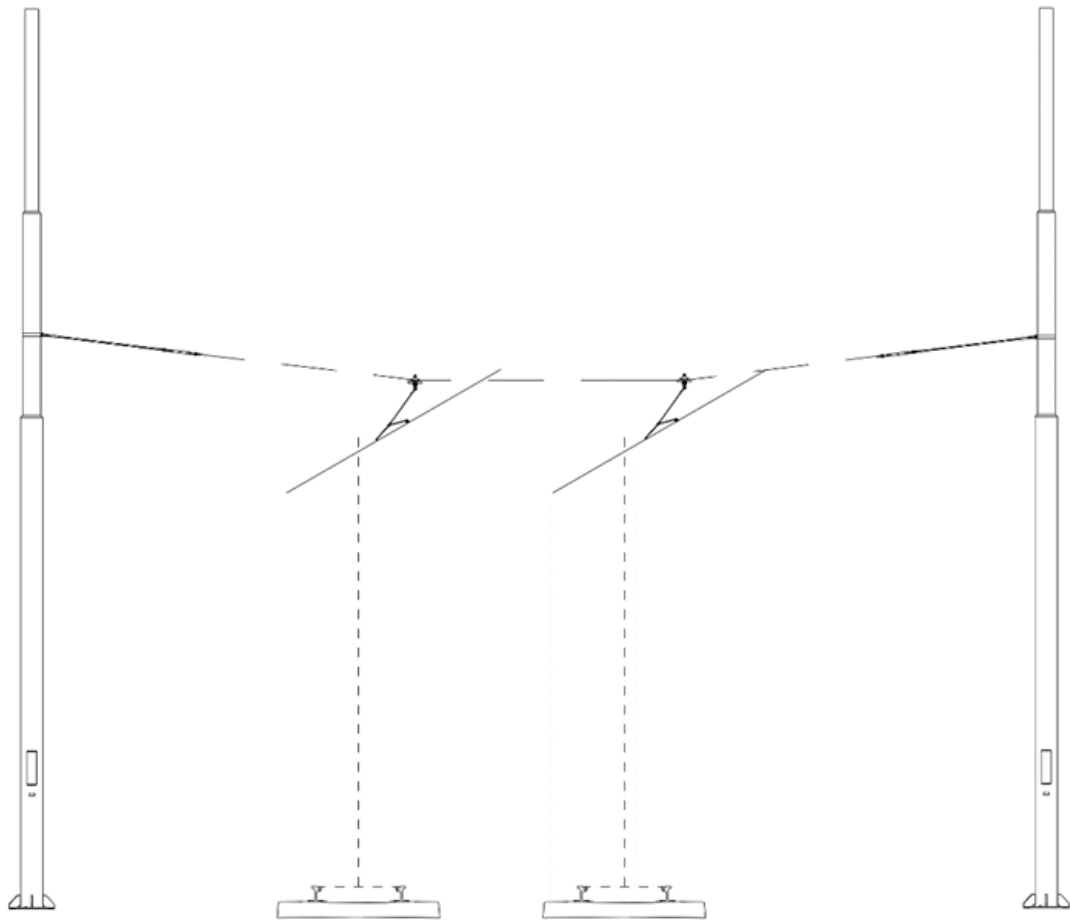
Ajolangan köysivoimaksi tulisi valita 6–10 kN sellaisissa ajojohtimissa, jotka eivät sisällä jyrkkiä kaarteita.

Pienillä nopeuksilla ei ole tarvetta kannatinrakenteelle, mikäli ei virranoton kannalta haluta lisätä tai parantaa järjestelmää, ja käytetään riittävän lyhyitä (< 35 m) jäniteitä. Kuormitusten ja jännitehäviön minimointia varten kytketään molemmat ajojohtimet rinnakkain (molempien raiteiden).

Kuvissa 2 ja 3 on annettu esimerkit köysiportaalityypeistä, jotka soveltuvat kompensoituun järjestelmään. Pylväiden sijasta voidaan käyttää seinäkiinnityksiä. Nykyisin käytössä oleva rakenne on pääosin periaatteeltaan kuvan 2 mukainen, mutta Helsingistä löytyy myös ohjaimellisia A-köysirakenteita (kuva 3) sekä pendelirakenteita (kuva 4). Kyseiset köysiportaalit soveltuvat hyvin kompensoituun järjestelmään, koska ripustus sallii ajolangalle lämpöliikkeitä.

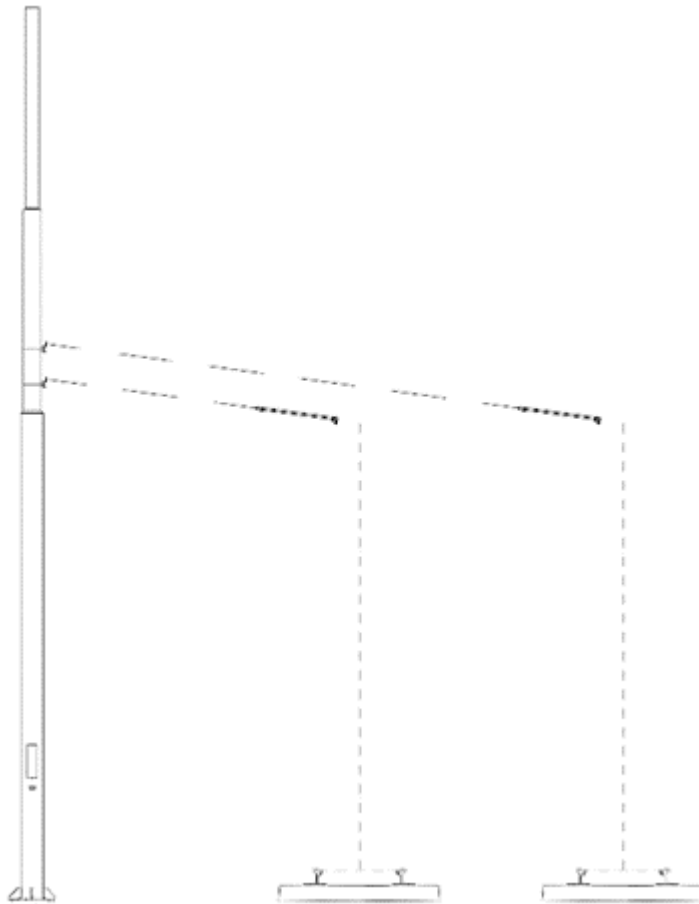


Kuva 3. A-köysiportaaliripustus.



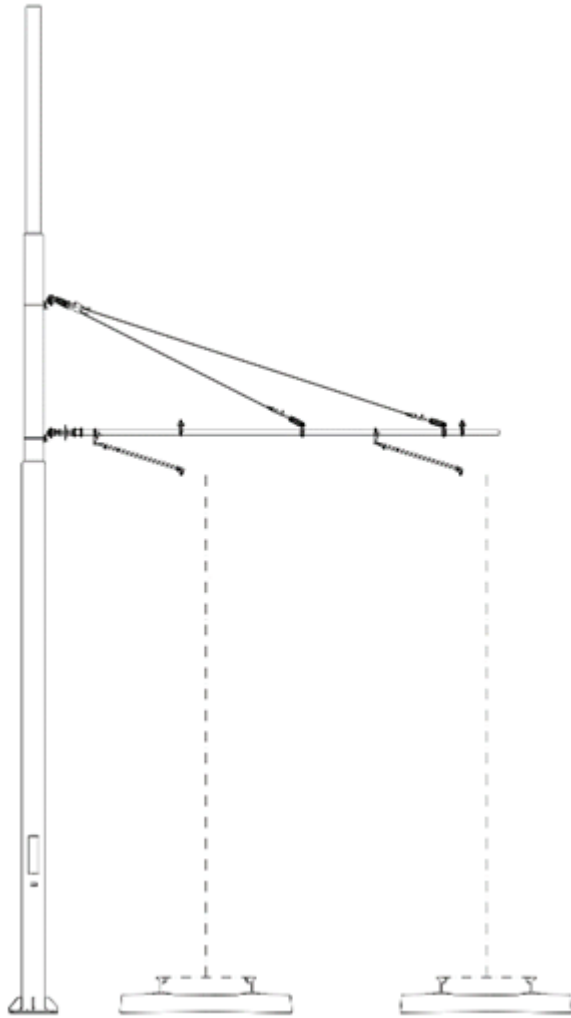
Kuva 4. Köysiportaali pendeliripustus.

Jyrkissä kaarteissa on mahdollista käyttää sivuunvetoköysiä (kuva 5). Sivuunvetoköydet sopivaan kaltevuuteen asennettuina pitävät ajolangan kannatuspisteiden korkeudella. Näitä voidaan toteuttaa myös ulkokaarteessa olevasta pylväsvälistä, jolloin saadaan kaarteeseen yksi ylimääräinen ripustus ilman pylvästä.

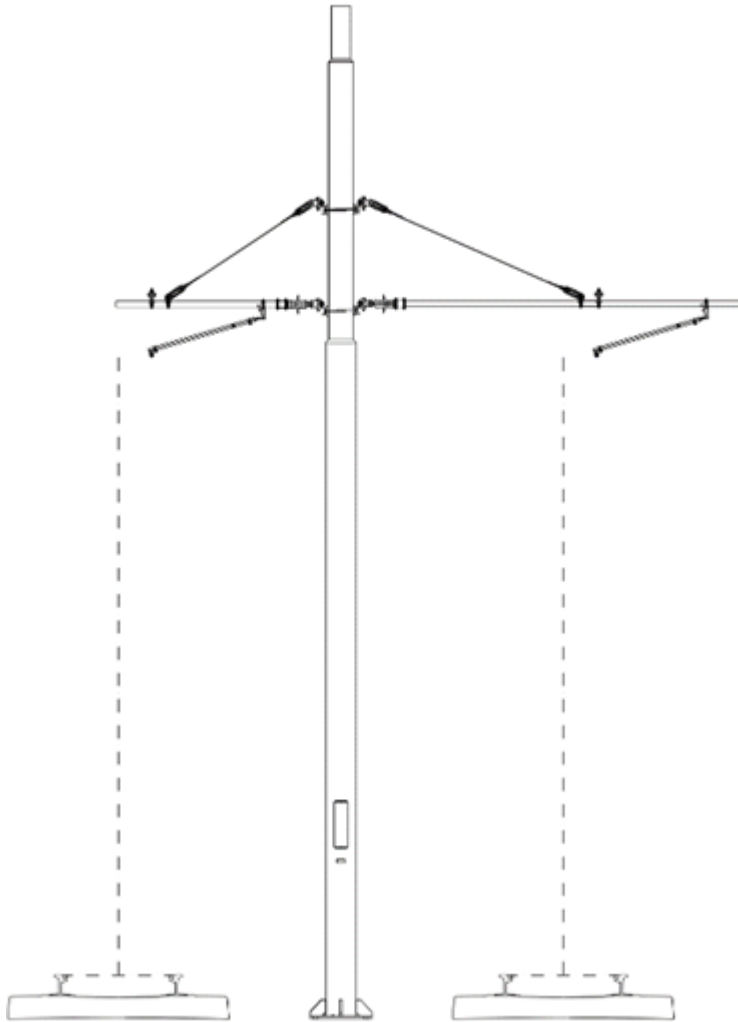


Kuva 5. Sivuunvetoköysi.

Ajojohdin voidaan ripustaa myös kääntöorsilla, (kuvat 6, 7). Kääntöorren materiaali voi olla alumiiniputkea tai lasikuituputkea. Mikäli materiaalina käytetään alumiinia, on putkirakenne eristettävä. Tällöin pylvään kohdalla putken eristin sekä ohjain ja kannattimen pidike on myös oltava eristettävää materiaalia (kaksoiseristys). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää lasikuituputkea (GRP), jolloin putki itsessään on eristemateriaalia. Normaaliputkikoot ovat ulkohalkaisijaltaan 42, 55 sekä 70 mm.



Kuva 6. Kahden raiteen kääntöorsiripustus, ajolanka A-köydellä.



Kuva 7. Keskipylväs kääntöorsiripustus, ajolanka A-köydellä.

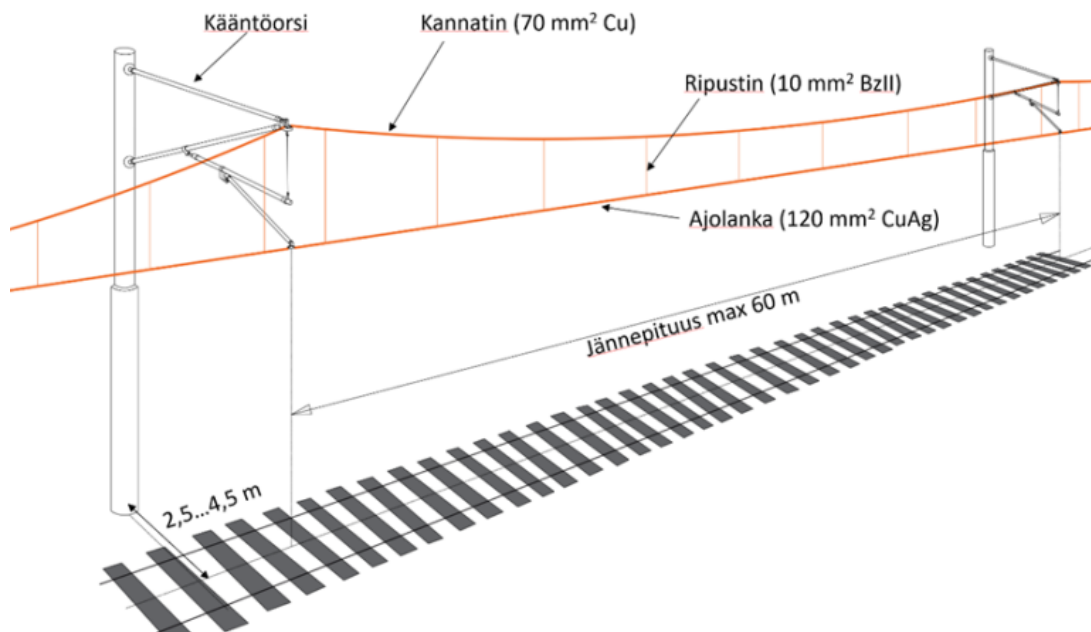
Ajojohdinrakenteet nopeuksille 50–70 km/h

Nopeuksilla 50–70 km/h ajettava ajojohdin on aina oltava paino/jousikiristetty järjestelmä. Tällöin käytetään lähtökohtaisesti kannatinrakennejärjestelmää (kuva 8). Ajojohdin kannatetaan käyttämällä kuvien 10 ja 11 mukaisesti kääntöorsia. Kannattimellinen ajojohdin voidaan rakentaa myös köysiportaaleilla, kun käytetään ajolangan ohjainta ja kannattimen pyörää (kuva 9). Teknisesti parempi ratkaisu on kuitenkin kääntöorsi.

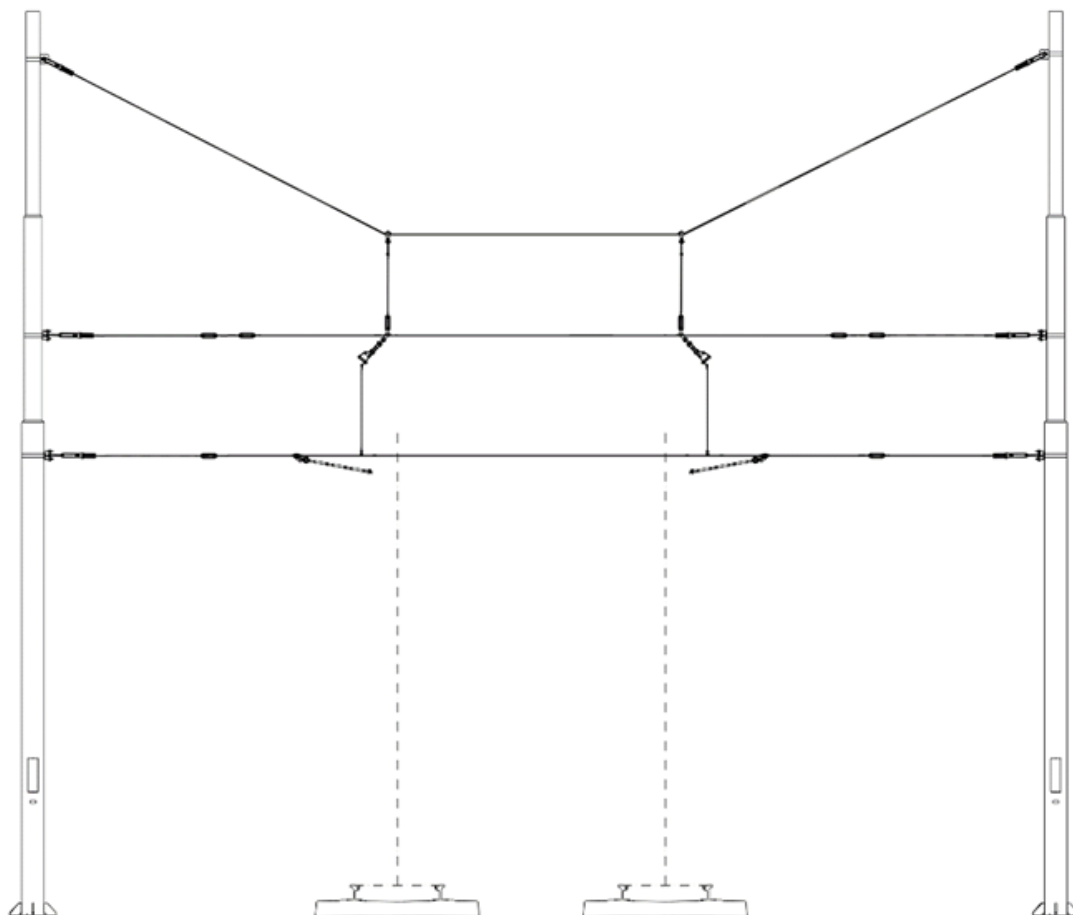
Ajojohdinjärjestelmää yli 50 km/h nopeuksilla on myös mahdollista toteuttaa ainoastaan ajolangalla ilman kannatinta. Tällöin on käytettävä A-köyttä sekä tarpeeksi lyhyitä jännevälejä. Yleensä kaupunkialueet, joissa raitiovaunulla on mahdollista ajaa nopeuksilla yli 50 km/h, soveltuvat hyvin myös kannatinrakennejärjestelmään.

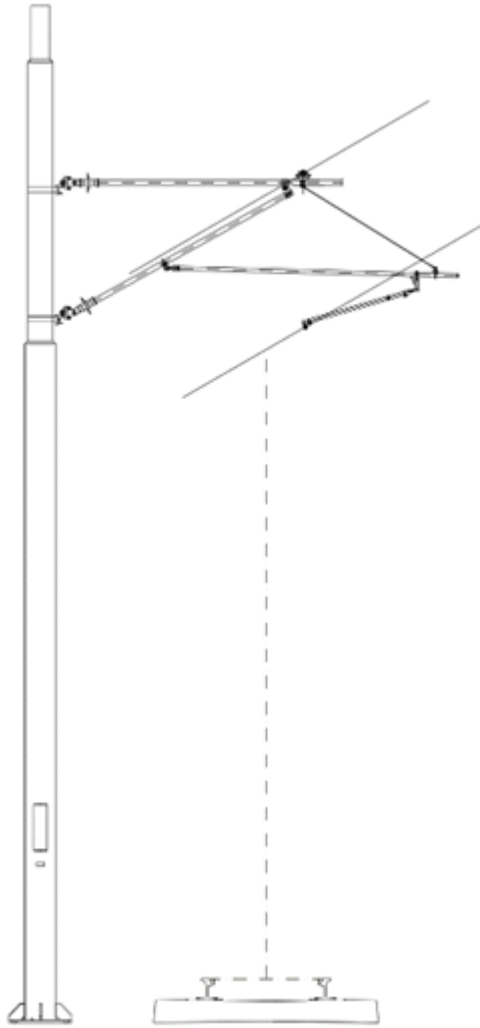
Sähköratasuunnittelija määrittelee aluekohtaisesti kulloinkin sopivimman ajojohtimen rakenne- ja ripustusrakenteet sekä yhteensovittaa rakenteet kadun suunnitelmiin ja muihin teknisiin järjestelmiin.

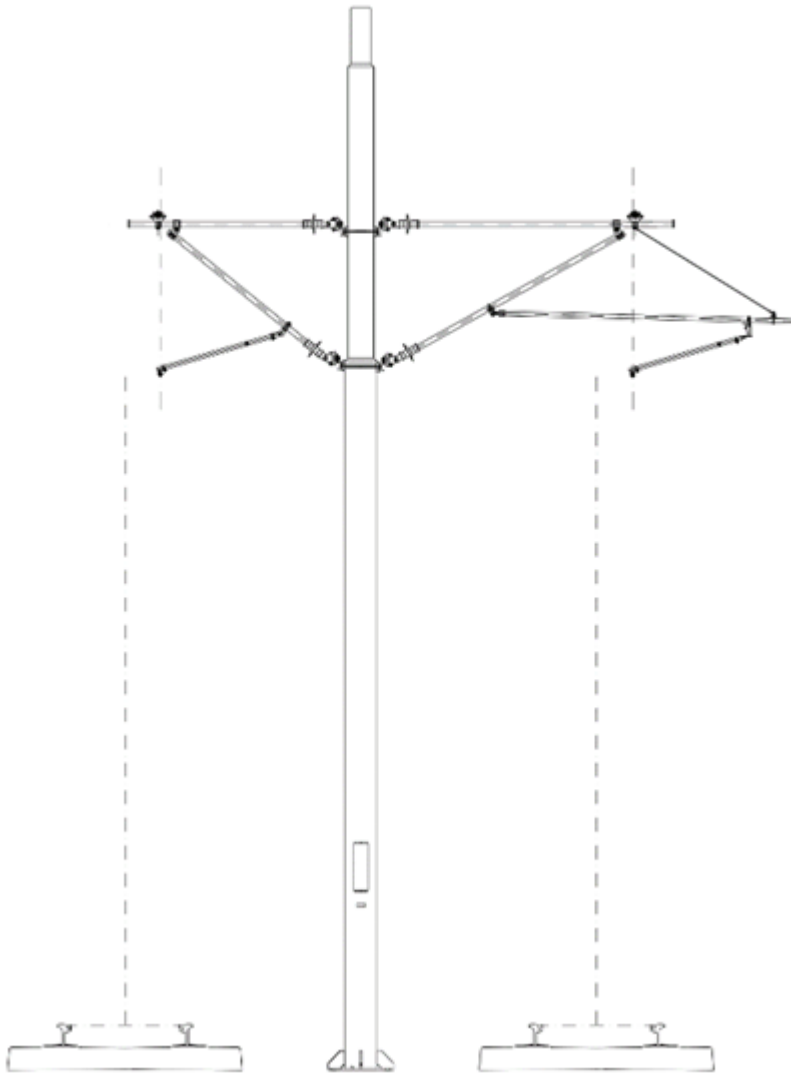
Ajolangan ja kannattimen köysivoima on 6-10 kN.



Kuva 8. Kannatinrakenneljärjestelmä.



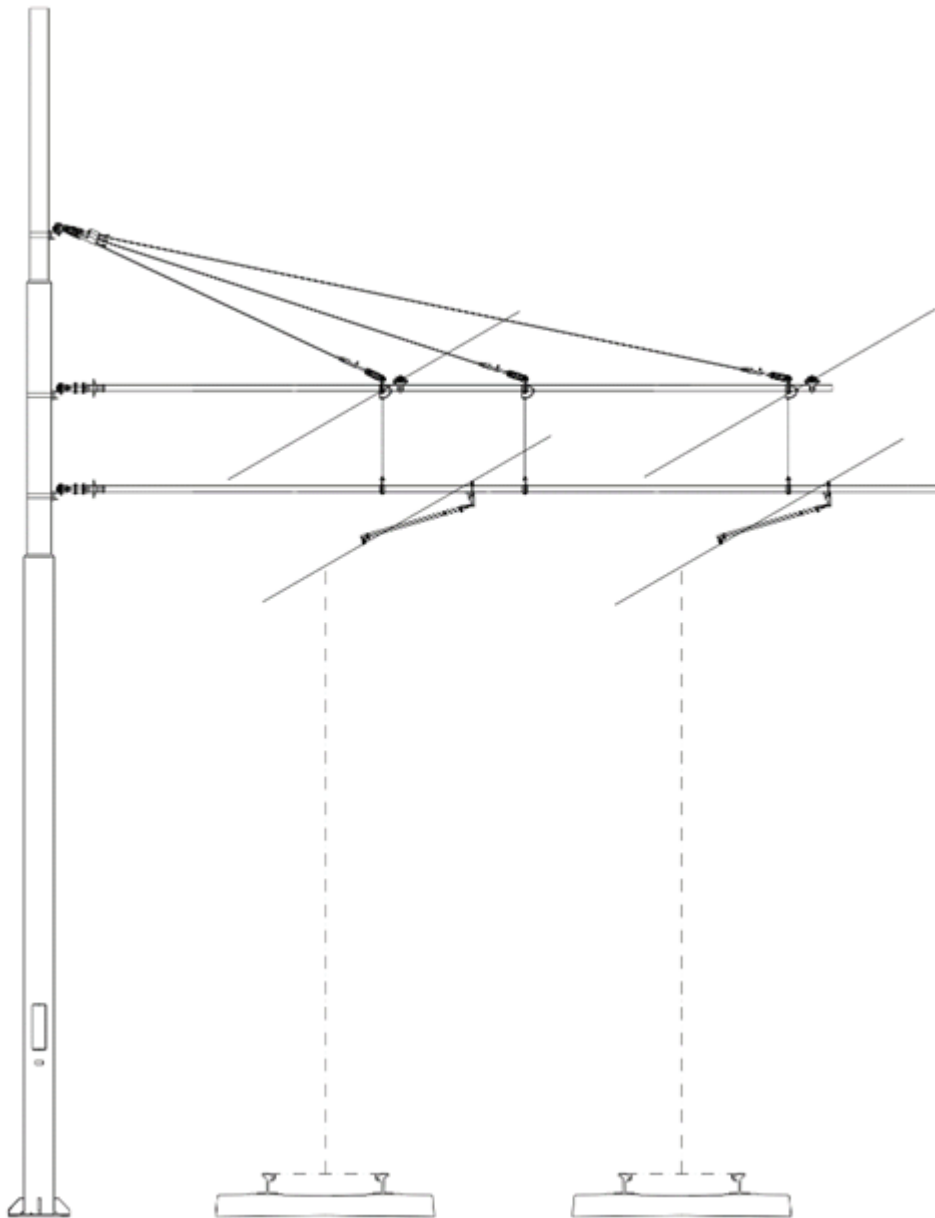
Kuva 9. Kannattimellinen köysiportaalirakenne.**Kuva 10.** Kääntöorsi.



Kuva 11. Kääntöorsi.

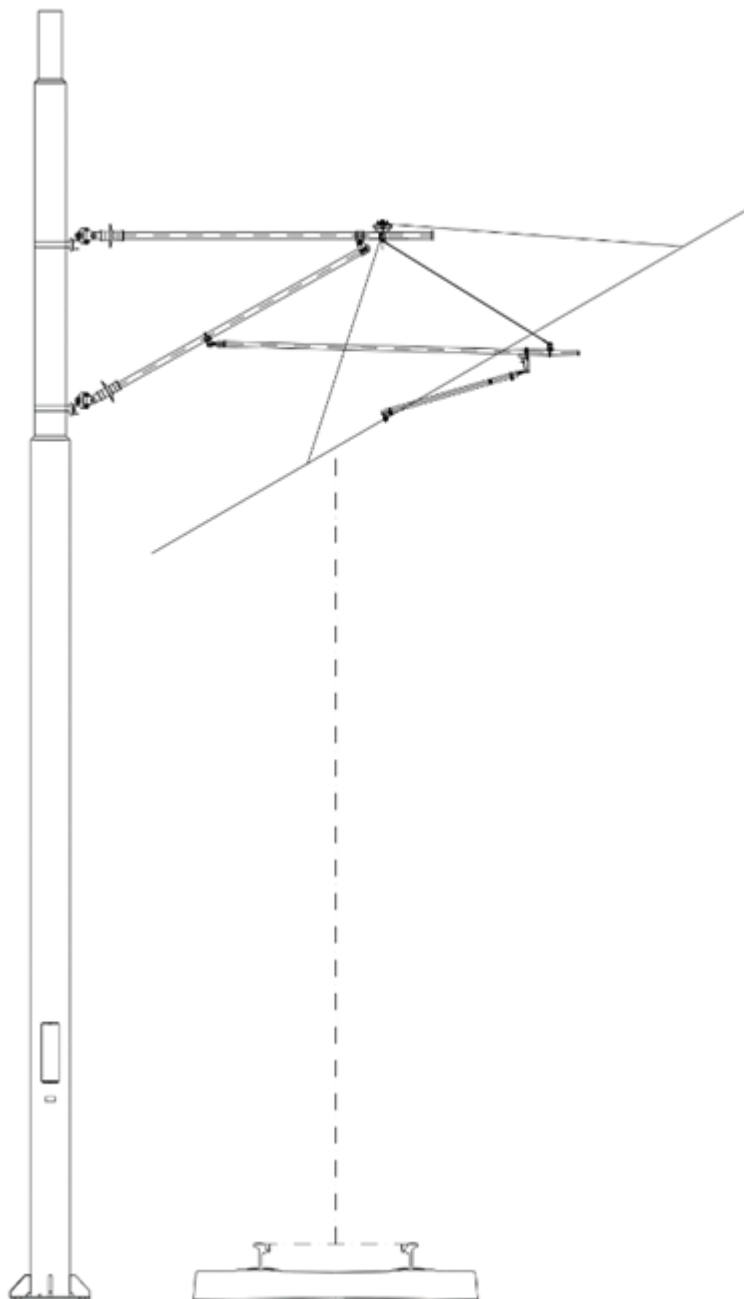
Kuvan 11 kääntöorsityyppi keskipylväällä on ratasähköistyksen kannalta kokonaistaloudellisesti edullisin. Keskipylväs kasvattaa kuitenkin raideväliä ja vaikuttaa näin myös kadun suunnitteluun. Kuvien 9 ja 10 sivupylväsratkaisut antavat enemmän tilaa sekä radalla liikkuvalla kalustolla että pylväisiin tuleville varusteille.

Kuvan 12 mukaisia kahden raiteen orsia voidaan käyttää muun muassa silloin, kun muun liikenteen takia ei toiselle puolelle voida sijoittaa lainkaan pylväitä. Tällöin vähintään toinen ajolanka on kiinnitettävä ohjaimella ja kannatin köysipyörän avulla, jotta ajojohtimet pääsevät liikkumaan toisiinsa nähden niin, etteivät köysivoimat muutu liikaa. Teknisesti tämä on toteuttavissa, mutta parempi ratkaisu on kääntöorsi omalla pylväällä molemmilla puolella rataa. Kahden raiteen orsiratkaisu on haasteellinen huollon ja kunnossapidon kannalta. Mahdolliset ajolankojen katkeamisonnettomuudet voivat aiheuttaa pitkäaikaisia korjaustoimenpiteitä. Erityisesti kaarteissa olisi suositeltavaa välttää tätä rakennetta.



Kuva 12. Kahden raiteen kääntöorsi kannatinrakenteelle.

On myös mahdollista tehdä järjestelmien "välimuoto", joissa kannattimen pidikkeen paikalla on A-köysi (pidempi malli). Mikäli virranoton puolesta riittäisi pelkkä ajolanka, tällä järjestelmällä on mahdollista hieman pidentää pylväiden jännevälejä (kuva 13). Tätä järjestelmien välimuotoa ei ole tällä hetkellä Helsingin raitiotieverkossa.



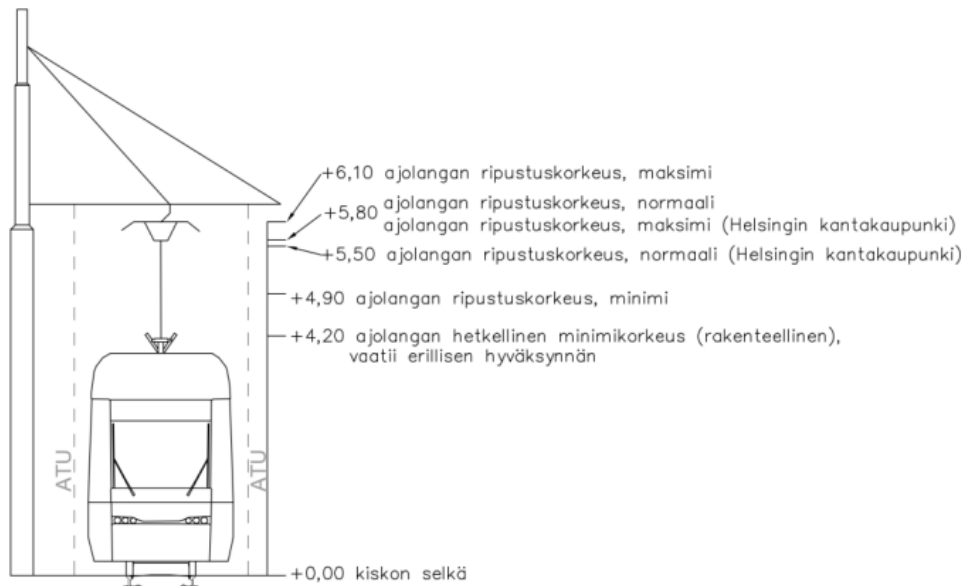
Kuva 13. Käntöorsi A-köydellä (pidempi A-köysi).

Ajojohdin

Ajojohtimen poikkipinnat määräytyvät toisaalta sallitun jännitehäviön ja toisaalta johtimen lämpenemän perusteella. Helsingissä käytössä olevat poikkipinnat ovat 120 mm² CuAg ajojohdin (muutos ja uudisrakentamisessa). Köysiportaalin köytenä on pronssiköysi 35 mm² BzII. Mikäli uutta järjestelmää suunnitellaan kannatinjärjestelmällä, suositeltu kannatinkoko olisi 70 mm² Cu.

Ajojohdin muodostuu ajolangasta ja kannattimesta tai kahdesta ajolangasta, jotka ovat kiristuspainojen tai jousien avulla kiristetty 6-10 kN:iin.

Ajolangan normaaliripustuskorkeus on 5,5 m raiteen yläpinnasta. Minimikorkeus on 4,9 m ja maksimikorkeus on 6,1 m. Erikoistapauksissa kuten siltojen alla tai tunneleissa ajojohtimen ehdoton minimikorkeus voi olla hetkellisesti 4,2 m. Minimikorkeudessa on huomioitava keskijänteen riippumat. Helsingin kantakaupungin ajolangan normaali ripustuskorkeus on 5,5 m ja maksikorkeus on 6,0 m. Ajolangan etäisyys muista ajoneuvoista tulee olla vähintään 0,5 metriä ja sähköisesti eristetyistä rakenteista 0,3 metriä. Ajolankojen suunnittelussa tulee huomioida erikoiskuljetusreitit.



Kuva 14. Ajolangan korkeudet.

Jänteiden pituus vaihtelee valitun järjestelmän mukaisesti, maksimipituudet voi vaihdella välillä 26-60 m. 35 m pidemmät jänteet on mahdollista toteuttaa ainoastaan järjestelmällä, jossa on erillinen kannatinjohdin.

Sivuttaissiirtymät ajojohtimelle (siksak) ovat normaalisti ± 35 cm. Siksakit valitaan siten, että ajolangan suurin sallittu poikkeama raiteen keskiviivasta on 45 cm (tuulivoima mukaan laskettuna). Sisäkaarten maksimipoikkeama on 25 cm (mikäli suurempi, niin kulmavoimat ajojohtimen kiinnityskohtaan kasvaa liian suureksi).

Järjestelmässä, jossa on kannatin ja ajolanka, käytetään ripustimia. Ripustinvälit ovat yhtä pitkiä, enintään 10 m, lukuun ottamatta ensimmäistä ripustinta, jonka etäisyys käänköorresta on yleensä 5 m.

Ajolangan ripustuskorkeus, normaali (kantaverkkoi)	5,5 m
Ajolangan ripustuskorkeus, maksimi (kantaverkko)	5,8 m
Ajolangan ripustuskorkeus, normaali (pikaraitiotie)	5,8 m
Ajolangan ripustuskorkeus, maksimi (pikaraitiotie)	6,1 m
Ajolangan ripustuskorkeus, minimi	4,9 m
Ajolangan ripustuskorkeus, minimi (rakenteellinen)	4,2 m
Ajolangan poikkipinta-ala	120 mm ²
Ajolangan sivuttaissiirtymä	± 350 mm
Ajonopeus sivuttaissiirtymä maksimi	± 450 mm
Ajolangan kiristysvoima (paino-/jousikiristysjärj.)	6 – 10 kN
Ajojohtoon vaikuttava tuulennopeus	30 m/s
Ajojohdon ympäristön mitoituslämpötila	– 40 °C...+ 40 °C

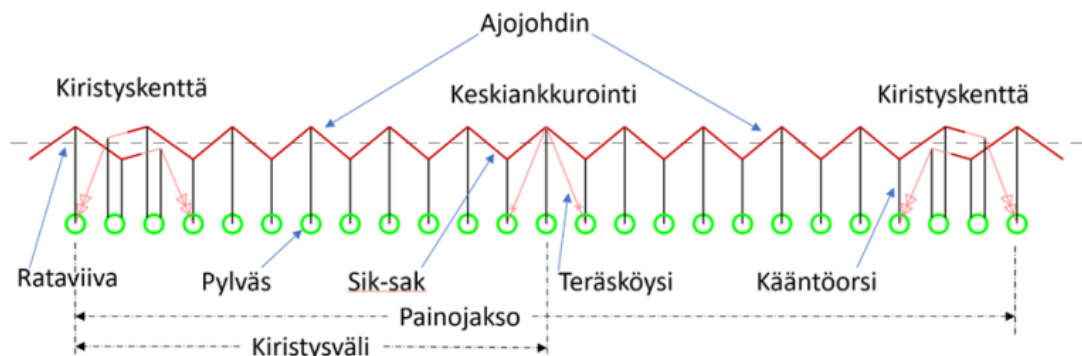
Ajolangan pituuskaltevuus (gradientti)

Nopeus (km/h)	Maksimiarvo (‰)	Maksimiarvon muutos (‰)
30	30	30
50	25	25
60	20	10
70	10	5

Taulukko 1. Ajojohdinjärjestelmän suunnitteluarvot.

Ajojohtimen kiristysjärjestelmä

Ajojohtimen kiristysjärjestelmään kuuluu kiristyslaite ja kaikki muut osat, joiden avulla ajojohdin kiristetään. Ajojohtimen painojakso voi olla ainoastaan tietyn pituinen. Kiristysvoima muuttuu tiukoissa kaarteissa ja mikäli painojakso pitenee liikaa, on vaarana, että kääntöorsien kääntymät eivät riitä ajojohtimen lämpölaajenemisen kompensointiin. Käytettäessä köysiportaalarakennetta tulee myös huomioida ajojohtimen lämpökompensointi. Mikäli painojaksosta tulee niin lyhyt, että siihen ei tarvita keskiankkurointia, tulee ajojohtimen toinen pää varustaa pääteankkuroinnilla.



Kuva 15. Periaate painojaksosta ja kiristysvälistä.

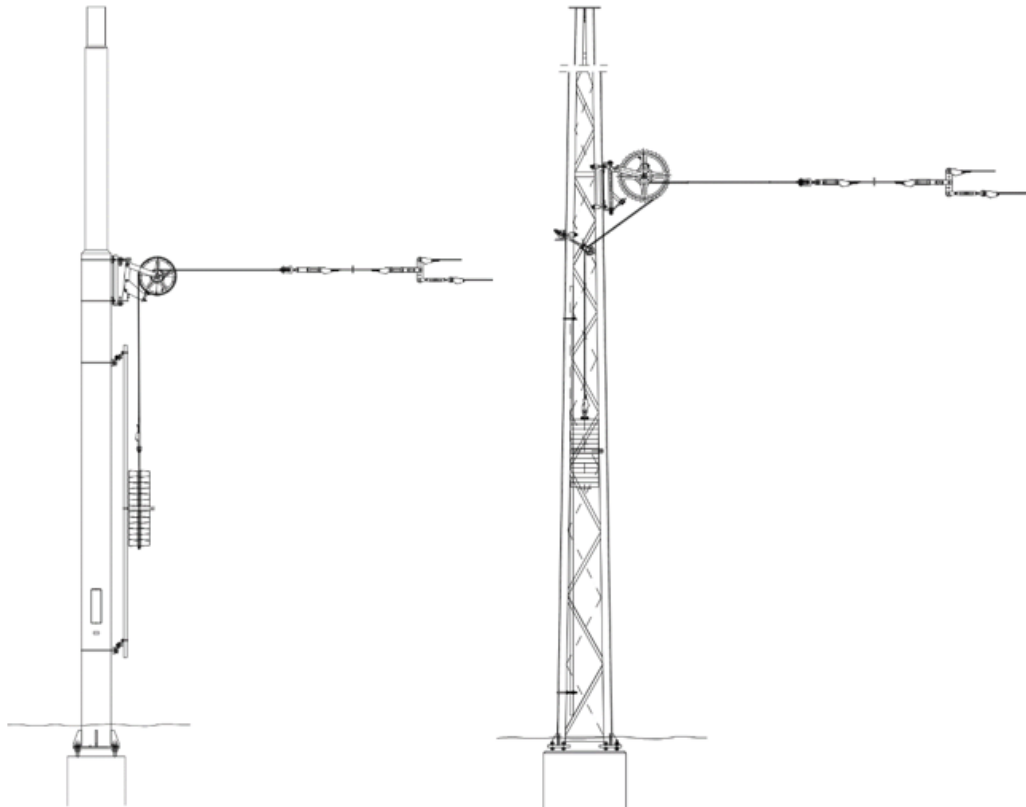
Ajojohtimen kiristysvälin pituus (kiristyslaitteen ja keski- tai pääteankkuroinnin väli) on normaalisti rajoitettava 800 m:iin, jotta kääntöorsien kääntymä ei siirrä ajolankaa liian kauas raiteen keskiviivasta. Myös kiristyslaitteen valinta vaikuttaa kiristysvälin pituuteen. Mikäli on tarkoitus käyttää kiristysjousta, maksimi kiristysväli määräytyy Δt 80°C mukaan (jousen ominaisuudet vaikuttavat kiristysvälin pituuteen). Painokiristysjärjestelmässä on varmistettava painolle liikkumatilaa pylväässä (tai sen sisällä).

Kääntöorren kääntymästä ja kitkasta aiheutuva ajolangan ja kannattimen köysivoiman vaihtelu on syytä rajoittaa arvoon $\pm 20\%$ nimellisköysivoimasta ainakin lähes 70 km/h ajettavilla osuuksilla. Kiristyspyörästä kitkan voi jättää huomioimatta raitiotien ajojohdinjärjestelmässä (merkitään nollassi).

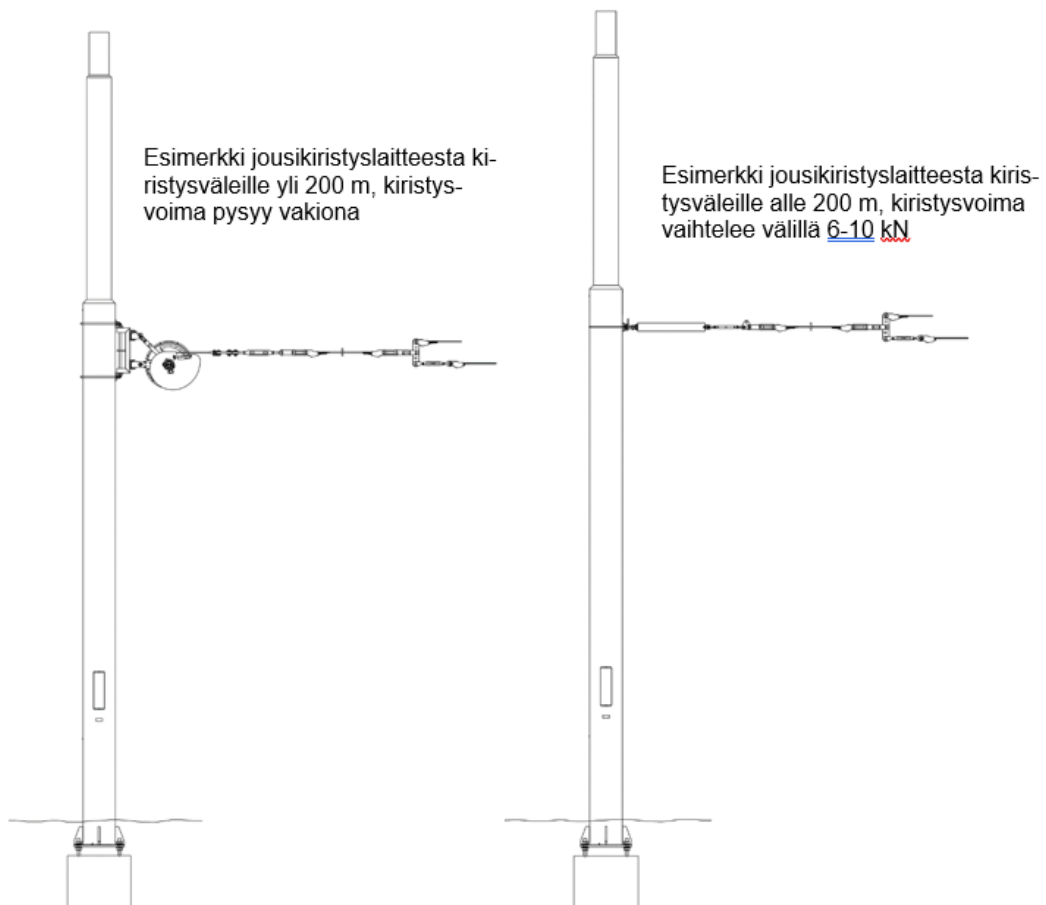
Kääntöorsilla varustetulla suoralla radalla köysivoiman vaihtelu ei normaalisti rajoita kiristysvälin pituutta. Mikäli painojakson alueella on kaarresäteitä alle 700 m, on syytä tarkastella köysivoiman muutosta. Käytettäessä maksimi kiristysväliä on tarkasteltava kaukana ankkurointikohdasta mahdollisten lyhyiden kääntöorsien kääntymää, ja ettei kääntymä siirrä ajolankaa liian kauas raiteen keskiviivasta. Mikäli kääntymät aiheuttavat liikaa muutoksia sivuttaissiirtymään, on lyhennettävä kiristysväliä. Olosuhteissa, joissa köysivoiman vaihtelu on maksimissaan $\pm 10\%$ sekä valittu kiristysvoima on vähintään 7,5 kN, voidaan käyttää maksimikiristysvälinä myös 900 m. Tällöin on myös varmistettava, että kaukana ankkurikohdasta olevat kääntöorret/ajojohtimen kannatusjärjestelmä sallivat riittävät lämpöliikkeet ajojohtimelle.

Kiristyspainot ja -jouset

Ajojohtimen köysivoimat pyritään pitämään vakioina kiristyslaitteiden ja radan pituussuunnassa kääntyvien nivelöityjen kääntöorsien avulla. Käytettäessä köysiportaalia, rakenne tulee olla sopiva lämpökompensoidulle ajojohtimelle esimerkiksi käyttämällä ohjaimellisia A-köysi rakenteita tai pendelirakenteita. Kiristyslaite muodostuu köysipyörästä ja painoista tai vaihtoehtoisesti kiristysjouset (kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Painokiristyslaitteet pylvään ulkopuolella ja pylvään sisäpuolella.



Kuva 17. Jousikiristyslaitteet.

Sähkösyöttöasemat

Sähkösyöttöaseman tehtävä on syöttää sähköenergia ratajohtoon. Syöttöasemalla jännite muunnetaan ja tasasuunnataan raitiovaunujen käyttöön soveltuvaksi. Sähkösyöttöasema liitetään tyypillisesti 10/20 kV keskijänniteverkkoon. Raitiovaunuille ratajohtoon syötettävä jännite on tyypillisesti nimellisarvoltaan 750 Vdc. Helsingin kantakaupungissa jännitteen arvo on 600 Vdc.

Koko ratasähkösyöttöjärjestelmä mitoitetaan huomioiden:

- kalusto
- liikennöinnin aikataulu
- ratageometria
- esisuunniteltu ajojohtoverkon rakenne.

Sähkösyöttöjärjestelmän mitoitus ja vaatimuksenmukaisuus todennetaan sähkösyötönsimuloinnilla. Sähkösyöttöjärjestelmä tulee suunnitella riittävän käyttövarmaksi. Yleisenä periaatteena on käytetty N-1 periaatetta. Tämä tarkoittaa, että yksi syöttöasema tai yksittäinen syöttö ratajohtoverkkoon voi olla vikaantunut tai pois käytöstä. Yksi vika ei saa aiheuttaa merkittävää viivästymistä raitiotieliikenteen aikatauluihin. Jos raitiotie rakennetaan tunneliin, tulee käyttövarmuusperiaatteet tarkastella erikseen.

Sähkösyöttöaseman sijoitus

Sähkösyöttöasemat pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle rataa. Lähtökohtaisesti syöttöasemat sijoitetaan kaupungin tontille omaan rakennukseen. Sähkösyöttöasemat suunnitellaan puolilämpimiksi tiloiksi. Tila suunnitellaan kuivaksi. Sähkösyöttöasemat sijoitetaan radalle noin 1–3 kilometrin välein. Sähkösyöttöasemien etäisyyksiin vaikuttaa mm.

- kalusto
- liikennöinnin tiheys
- liikennöintinopeus
- ajojohtoverkon rakenne

- ratageometria (ylä- ja alamäet)
- pysäkit
- sähköinen ryhmittely
- syöttö- ja paluuvirtakaapelointi
- kiihdytykset ja jarrutukset
- liikennevalot
- raitiovaunujen mahdollinen ruuhkautuminen
- näkymästä aiheutuvat hidasteet, josta seuraavat kiihdytykset
- jännite 600V-750V

Sähkönsyöttöasemien sijoittamisessa on huomioitava myös syöttöaseman huoltoreitit ja suurien laitekomponenttien kuljetusreitit sekä hätäpoistumisreitit. Syöttöaseman sijoituksen suunnittelussa tulee huomioida myös syöttöaseman huolto- ja rakennustyöt.

Sähkönsyöttöaseman välittömässä läheisyydessä tulee olla pysäköintimahdollisuus huoltoajoneuvoille (pakettiauto). Isompia huoltotöitä ja rakennustöitä varten tulee syöttöaseman ovien puolelle päästä ajamaan myös kuorma-autolla. Huoltoreiteistä tulee tehdä ajouratarkastelu suurimmalla sitä käyttävällä kalustolla. Reitissä tulee huomioida myös riittävä kantavuus ja nostopaikat. Syöttöaseman raskain yksittäinen koje on tasasuunninmuuntaja, jonka massa on noin 6000 kg.

Ellei sähkönsyöttöaseman omalle rakennukselle löydy sijoituspaikkaa esimerkiksi kaavoituksellisista tai muista syistä, on se mahdollista integroida osaksi toista rakennusta tai rakentaa maanalaiseksi. Jos syöttöasema integroidaan toiseen rakennukseen, tulee muun muassa seuraaviin asioihin kiinnittää erityistä huomiota jo esisuunnitteluvaiheessa:

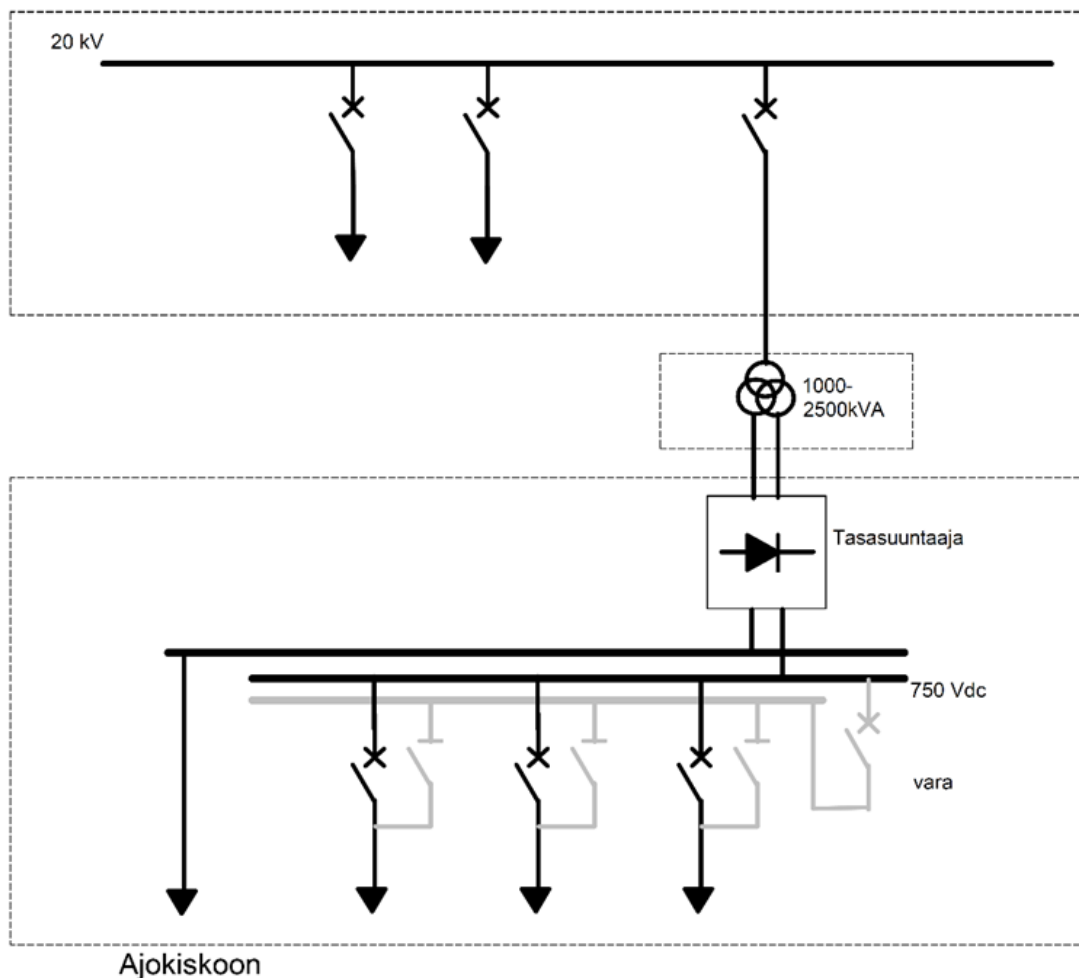
- kulkureitti henkilökunnalle (huolto ja hätäpoistuminen)
 - syöttöasemalle tulee olla 24/7 pääsy
- laitteiden haalausreitit
 - reitti voi olla esim. avattava luukku noin 1-3 päivän varoitusajalla
 - huomioitava laitteiden koko ja paino
- melu (kojeistot, muuntaja, ilmanvaihto- ja jäähdytyslaitteet)

- syöttöaseman ja sen laitteiden läheisyyteen aiheutuva melu
- tuuletusreitit, ilmastointikanavat, jäähdytys, ilmanvaihto
- laitteiden lämpökuormat huomioitava
 - ei vaadi välttämättä koneellista jäähdytystä
 - voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa myös vain ilmanvaihdolla
- palotekniikka
 - huomioitava osastointi ja vireiset tilat
 - syöttöaseman ja sen sisäisten väliseinien paloluokka esim. EI60/120
 - paloluokkaa voidaan joutua kasvattamaan, jos syöttöasemarakennus sijoitetaan toisen kiinteistön sisään
 - syöttöasema varustetaan omaehtoisella paloilmaisinjärjestelmällä (varmistaa myös syöttöaseman toimintaa)
 - palonsammutusjärjestelmää (inerttikaasu) ei toteuteta, ellei sitä edellytetä viranomais määräyksellä
 - jos syöttöasema toteutetaan toisen rakennuksen sisään, tulee syöttöaseman toteutukseen liittää mukaan palotekninen suunnitelma, joka huomio yhteensovituksen toisen rakennuksen kanssa
 - huomioitava radan läheisyydessä magneettikentille olevat herkäät laitteet
 - huomioitava asuinhuoneistoille sallitut magneettikenttien voimakkuudet, kun sähkönsyöttöasema tulee osaksi asuinkiinteistöä
- tilojen turvallisuus
 - kulku ja haalausreittien lukitus
 - ilkivalta
 - tiloihin pääsy
 - syöttöasemarakennus varustellaan tarvittavilla taloteknisillä valvontajärjestelmillä
 - ympäröivien rakenteiden vedenpitävyys
 - tulvimistasot
 - vesi- ja kaukolämpöputket

- kaapelireitit
 - huomioitava kaapelireitit radalle (ohjaus-, syöttö- ja paluukaapelit)
 - sähköverkkoyhtiön liittymäkaapelit
 - tietoliikennekaapelit

Syöttöaseman kojeisto ja kaapelit

Sähkönsyöttöaseman pääkomponentit ovat: tasasuunninmuuntaja, keskijännitekojeisto, tasasuuntaaja sekä tasasähkökojeisto. Kuvassa XX on esitetty esimerkkinä pääkaavio, missä on tasasähkökojeistossa 3 kpl katkaisijalähtöjä. Sähkönsyöttöjärjestelmä suunnitellaan lähtökohtaisesti kaksipuoleisena sähkönsyöttönä. Ajojohdinjaksoa voidaan tällöin syöttää sen molemmista päistä, ja syöttöasemien välillä on laukaisunsiirto, joka avaa vikatapauksessa molemmat syöttökatkaisijat.



Kuva 18. Periaate sähkönsyöttöaseman pääkaaviosta.

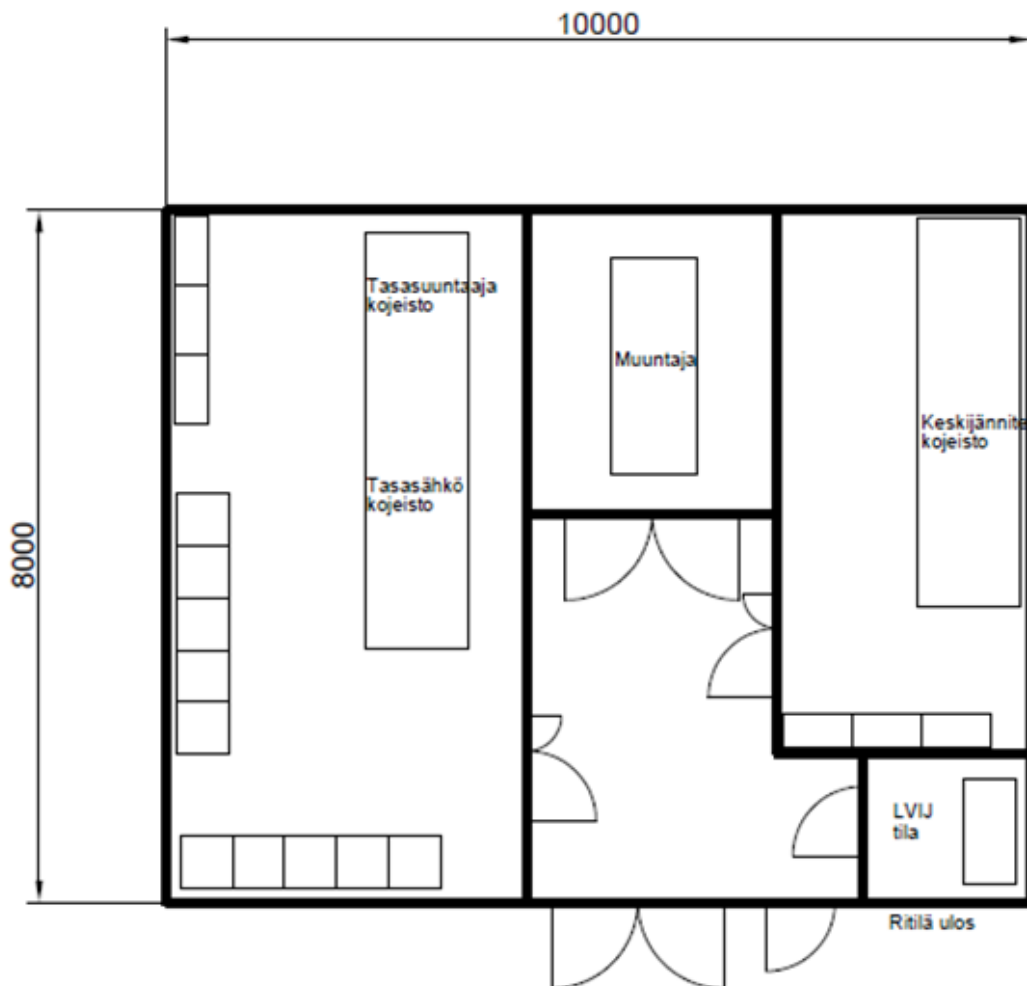
Syöttöaseman suunnittelussa tulee huomioida kaapelit ja niille tarvittavat tilat. Erityistä huomiota tulee kiinnittää keskijänniteverkon liittymiskaapeleihin sekä ajojohdinverkon syöttö- ja paluuvirtakaapeleihin, joiden taivutussäteet ovat suuret. Syöttöaseman ja radan välisten kaapeleiden reittien suunnittelussa tulee huomioida paloturvallisuus.

Syöttöaseman sähköliittymät

Sähkönsyöttöasemat liitetään paikalliseen jakeluverkon haltijan keskijännite- ja pienjänniteverkkoon. Syöttöaseman keskijänniteliittymän lisäksi toteutettava pienjänniteliittymä parantaa olennaisesti aseman huollettavuutta. Näitä tapauksia ovat esimerkiksi keskijännitekojeiston huolto sekä muut isommat huoltotyöt. Kun syöttöasemalla on pienjänniteliittymä, voidaan huoltojen aikana pitää toiminnassa talo- ja tietoteknisetjärjestelmät. Taloteknisiä järjestelmiä ovat mm. valaistus, lämmitys ja ilmanvaihto. Tietoteknisiä järjestelmiä ovat mm. raitioteiden tiedonsiirto ja valvontajärjestelmät. Oma pienjänniteliittymä mahdollistaa syöttöaseman huollot ja käyttökeskeytykset ilman, että paikanpäälle pitää tuoda varavoimakone.

Syöttöaseman mitoitus

Kojeistojen sähkötekni­sen mitoituksen lähtöarvot suunnitellaan ratasähkönsyöttöjärjestelmän mitoituksen yhteydessä. Sähkönsyöttöasemien pohjapiirrokset sekä laitesuunnittelut pyritään tekemään yhdenmukaisina. Sähkönsyöttöaseman lähtökohtainen pinta-ala mitoitus on noin 80–120 m². Kuvassa 19 on esitetty esimerkki tilasijoituksesta syöttöaseman kojeistoille. Kuvassa esitetyt mitat ovat sisämittoja. Syöttöaseman korkeusvaatimus on 4,7 m, mihin sisältyy 1,0 m korkea kaapelikellari.



Kuva 19. Sähkösyöttöaseman ohjeellinen pohjakuva.

Maadoitus

Maadoituksen vähimmäisvaatimuksena on noudattaa suomessa voimassa olevia sähköturvallisuuden lakeja, asetuksia ja standardeja. Ajantasainen luettelo on saatavissa Tukesin sivulta S10 luettelossa.

Raitiotien vaaraulottuma on raiteen poikkileikkausalue, jonka sisäpuolella olevat sähköä johtavat rakenteet voivat ajojohdon tai virroittimen vaurioitilanteissa muuttua jännitteiseksi. Vaaraulottuman sisään jäävää osaa kutsutaan kokonaisvaara-alueeksi, joka sisältää VATU- ja ViVa-alueet. Raitiotiesuunnittelun yhteydessä tulee tarkastella säännöllisesti, onko kokonaisvaara-alueen sisälle jäämässä sähköä johtavia rakenteita.

Lähtökohtaisesti kokonaisvaara-alueelle ei sijoiteta kadulla mitään johtavia rakenteita kuten pylväitä tai kaiteita. Tilanteissa, jolloin johtavien rakenteiden sijoittamiselta vaara-alueille ei voida välttyä, rakenteet

maadoitetaan soveltaen Raide-Jokerin maadoitusohjetta. Helsingin kantakaupungin alueella on voimassa Kaupunkiliikenne Oy:n oma maadoitusohje (HKL-Rto / DC -raitiotiejärjestelmän kiinteiden rakenteiden kosketus- ja hajavirtasuojausohje / 2019). Lopullisesta maadoitusjärjestelmästä tulee tehdä riskinarviointi.

Työskennellessä raitiotien läheisyydessä tulee huomioida työmaan vaikutukset raitiotieliikenteen turvallisuuteen (HKL TOIMINTAOHJE, *Työskentely raitiotien läheisyydessä*: <https://www.hel.fi/hkl/fi/tama-on-hkl/hkl-rakentaa/urakoitsijaohjeistus-kaikille-urakoitsijoille>).

Hajavirtojen hallinta

Hajavirraksi kutsutaan muuten kuin paluuvirtatien kautta sähkönsyöttöasemalle palaavaa virtaa. Tasajännitejärjestelmässä tällainen hajavirta voi aiheuttaa sähkökemiallista tasajännitekorroosiota, järjestelmän positiivisen (+) navan toimiessa anodina ja negatiivisten (-) toimiessa katodeina. Hajavirran periaate on esitetty kuvassa.

Hajavirtojen syntyminen johtuu paluuvirtatien sähköisestä vastuksesta, jonka ansiosta kiskon ja maan välillä vallitsee jännite-ero (kiskopotentiaali). Tämä jännite-ero saa aikaan hajavirtoja, joiden suuruus riippuu seuraavista tekijöistä:

- Kiskopotentiaalın suuruudesta
 - Lyhyet sähkönsyöttöasemien väliset etäisyydet pienentävät kiskopotentiaalia ja vähentävät siten hajavirtojen syntymistä
- Paluuvirtatien ja maan välisestä sähköisestä vastuksesta
 - Kiskon ja maan välinen eristys
 - Maaperän sähkönjohtavuus

Maaperän sähkönjohtavuus riippuu sen mineraalikoostumuksesta, vesipitoisuudesta ja kemiallisesta koostumuksesta. Kosteaa savimaan sähkönjohtavuus on yleensä suurempi kuin kuivan kalliomaan. Tiesuola, kalkki ja lannoitteet lisäävät maaperän sähkönjohtavuutta.

Kiskojen ja vaihteiden eristystason vähimmäisvaatimus määritetään EN 50122-2 (2010) -standardin mukaisesti. Sallitut hajavirtojen suuruudet

ovat:

- Yksiraiteinen osuus 2,5 mA/m
- Kaksiraiteinen osuus 5,0 mA/m

Vaatimus on maksimi hajavirran 24 h keskiarvo 25 vuoden käyttöaikana.

Etsi...	
Pääkaupunkiseudun raitiotien suunnitteluohje	
Raitiotiejärjestelmän suunnitteluperiaatteet	▶
Raitiotien suunnittelu	▶
Rata ja rakenteet	▶
Ratasähkö ja tekniset järjestelmät	▼
Ratasähkö	
Tekniset järjestelmät	
Elinkaari ja ympäristövaikutukset	▶
Hakemisto	▶

Tulevaisuus rakennetaan raiteilla

Kaupunkiraideverkosto kasvaa ja kehittyy pääkaupunkiseudulla. Meillä on kaupungin raideliikenneverkoston kehittämiseksi käynnissä useita mielenkiintoisia suurhankkeita ja kunnianhimoisia tavoitteita. Me työskentelemme ohjaamoissa,

varikoilla, raiteilla ja suunnittelupöydissä, ja haluamme toimia hiilineutraalin infran ja liikennepalvelujen suunnannäyttäjänä nyt ja tulevaisuudessa.

Kaupunkiliikenne Oy lukuina

147 milj.

matkaa Kaupunkiliikenteen kyydissä / vuosi

173 km

raitiotietä

46 km

metrorataa kahteen suuntaan

1571

työntekijää

460

pyöräasemaa

4600

kaupunkipyörää

Seuraa @ Kaupunkiliikenne



© Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy, 2026

Tietosuoja | **Saavutettavuusseloste** | **Evästekäytäntö**

Takaisin ylös ↑