



ASIAKIRJA

Alla mainittu asiakirja on allekirjoitettu Väylävirasto sähköisen allekirjoituksen palvelussa. Voit varmistaa Adobe Acrobatilla sähköisen allekirjoituksen eheyden.

ALLEKIRJOITUKSET

Allekirjoittaja	Hannu Heikkilä
Allekirjoitusaika	10.11.2020 09:03
Allekirjoittaja	Markku Nummelin
Allekirjoitusaika	10.11.2020 09:57
Allekirjoittaja	Minna Torkkeli
Allekirjoitusaika	16.11.2020 14:42

ASIAKIRJAT

Asiakirja	VO 42-2020_RATO 21_10.11.2020.pdf
-----------	-----------------------------------



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita
42/2020

RATATEKNISET OHJEET (RATO) OSA 21 LIIKKUVA KALUSTO



Kannen kuva: Simo Toikkanen

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000



Väylävirasto
Trafikledsverket

OHJE

10.11.2020

VÄYLÄ/3395/06.04.01/2020

Vastaanottaja

Säädösperusta

Korvaa
Ratatekniset ohjeet (RATO), osa 21
Liikkuva kalusto (Liikenneviraston ohjeita 21/2012)

Kohdistuvuus

Radan ja liikkuvan kaluston yhteentoimivuus,
hyväksynät, viranomaislausunnot, reittikelpoisuus

Voimassa
1.12.2020 alkaen

Asiasanat

Rata, liikkuva kalusto, yhteentoimivuus, todentaminen, ohjeet

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 21 Liikkuva kalusto

Väylävirasto on hyväksynyt ohjeen käyttöön 1.12.2020 alkaen.

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö

Minna Torkkeli

Rautatieliikennejohtaja

Markku Nummelin

Asiantuntija, radan ja kaluston yhteentoimivuus

Hannu Heikkilä

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää rautatietojen osalta.

LISÄTIETOJA

Hannu Heikkilä

Väylävirasto

[hannu.heikkila\(at\)vayla.fi](mailto:hannu.heikkila(at)vayla.fi)

Väylävirasto

PL 33
00521 HELSINKI

puh. 0295 34 3000
faksi 0295 34 3700

kirjaamo@vayla.fi
etunimi.sukunimi@vayla.fi

www.vayla.fi

Esipuhe

Ratateknisten ohjeiden osaa 21 "Liikkuva kalusto" on päivitetty rautateiden liikkuvan kaluston ja raitinfrakstruktuurin yhteentoimivuuteen vaikuttavia tekijöitä koskevien ohjeiden ja vaatimusten osalta siten, että aiemmassa versiossa esiintyneet, mutta nyt joko EU- tai kansallisen lainsäädännön sisältämät vaatimukset on jätetty ohjeesta pois ja korvattu viitteellä ko. vaatimusasiakirjaan. Väylävirasto on koonnut tähän ohjeeseen vaatimukset, jotka koskevat liikkuvaa kalustoa käyttöönotettaessa tehtävää yhteentoimivuustarkastelua ja siihen liittyvää lausuntomenettelyä.

Ohjeesta on poistettu operatiivista toimintaa koskevat vaatimukset Verkkoselostuksessa ja Jt:ssä annettavaan Väyläviraston ohjeistukseen kuuluvina.

Ohjeen viimeistelyssä on huomioitu ohjeluonnokseen annetut lausunnot.

Helsingissä, marraskuussa 2020

Väylävirasto
Tekniikka ja ympäristö -osasto / Rautatietekninen yksikkö

Sisältö

21	LIIKKUVA KALUSTO	7
21.1	MÄÄRITELMÄT JA TUNNUKSET	8
21.1.1	Määritelmät.....	8
21.1.2	Tunnukset ja yksiköt	8
21.2	ULOTTUMA	9
21.2.1	Liikkuvan kaluston ulottuma.....	9
21.2.2	Puskinkorkeus ja -etäisyys.....	9
21.2.3	Aukean tilan ulottuma	9
21.3	KALUSTON RATAAN AIHEUTTAMAT RASITUKSET.....	10
21.3.1	Akselivälin vaikutus radan kuormitukseen	10
21.3.2	Kielletyt jarrujärjestelmät	10
21.4	PYÖRÄKERRAT	11
21.4.1	Pyörä- ja pyörästömitat	11
21.4.2	Pyörien mekaaniset ominaisuudet	11
21.4.3	Pyörien välinen impedanssi	11
21.4.4	Pyörän profiili ja pyöräkerran mitat.....	11
21.4.5	Pyörän halkaisija.....	12
21.5	PYÖRIEN JA KISKON VÄLISEN RAJAPINNAN HALLINTA.....	13
21.5.1	Laipan voitelu.....	13
21.5.2	Hiekoitus	13
21.5.3	Komposiittimateriaalien käyttö jarruanturoissa	13
21.5.4	Akselipainon vähimmäisvaatimus.....	13
21.6	KALUSTON ETÄTUNNISTUS.....	14
21.6.1	Asennusvaatimukset	14
21.6.2	Valvontatiedon hallinnointi.....	14
21.6.3	Tunnisteiden sisältö.....	14
21.6.4	Tunnistetietojen saatavuus	15
21.7	YMPÄRISTÖOLOT	16
21.8	SÄHKÖLAITTEET JA VALTION RATAVERKOLLA KÄYTETTÄVÄT SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	17
21.8.1	Sähköistetyn radan ratajohtojärjestelmän kuvaus.....	17
21.8.2	Sähköistetyn radan sähkövetokalustolle asettamat vaatimukset ja suositukset	18
21.8.3	Rautatieympäristössä esiintyvät sähköiset häiriöt	20
21.8.4	Liikkuvan kaluston ulkovertkkoliitännät	22
21.9	VIESTINTÄ.....	24
21.10	JUNAN KULUNVALVONTA	25
21.11	KOEAJOT.....	26
21.12	KALUSTOHYVÄKSYNNÄN LAUSUNTOMENETTELY.....	27

VIITTEET	29
----------------	----

LIITELUETTELO

Liite 1	Saller-Hankenin menetelmä
Liite 2	Erotusjaksomagneetin kenttä
Liite 3	Sähköisten häiriöiden mittaus ja raja-arvot

21 Liikkuva kalusto

Liikkuvan kaluston yleiset vaatimukset on julkaistu Komission asetuksessa (EU) N:o 1302/2014, (veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto) /1/ ja Komission asetuksessa (EU) N:o 321/2013 (liikkuva kalusto – tavaraliikenteen vaunut) /2/. Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom) antaa liikkuvaa kalustoa koskevat määräykset.

Ratateknisten ohjeiden (RATO) osa 21, "Liikkuva kalusto", sisältää ne vaatimukset ja ohjeet, jotka koskevat Väyläviraston hallinnoimalla Suomen valtion rataverkolla kulkevaa rautatiekalustoa. RATO 21 sisältää sekä mekaanista että sähköistä yhteentoimivuutta koskevia vaatimuksia. Tämä asiakirja koskee kaikkea radalla omilla kiskopyörillään liikkuvaa kalustoa ei-liikennöiviä ratatyökoneita lukuun ottamatta.

Ohjetta sovelletaan uutena käyttöönotettavaan tai merkittävästi muutettuun liikkuvaan kalustoon /1, luku 7.1.2/. Tämän ohjeen teknisten eritelmien vaatimukset täyttävä kalusto on yhteentoimiva Suomen valtion rataverkon kanssa.

Ei-liikennöiviä ratatyökoneita koskevat vaatimukset on julkaistu Väyläviraston ohjeessa Ratatyökoneet /3/.

Väylävirasto ylläpitää ohjeitaan seuraamalla alan eurooppalaista standardisointia ja kansainvälistä ohjekehitystä. RATO 21:ssä noudatettavat standardit ja normit on mainittu lähdeluettelossa.

21.1 Määritelmät ja tunnuksset

21.1.1 Määritelmät

Akselipaino on yksikön yhden akselin molempien pyörien (pyöräkerran) raiteeseen kohdistama staattinen paino.

VIRVE on TETRA-teknoologiaan perustuva viestintäverkko, jolla tuotetaan korotetun turvallisuus- ja varautumistason radioviestintäpalveluja viranomaisten ja luvan saaneiden yhteiskunnan kriittisen infrastruktuurin toimijoiden yhteiskäyttöön.

Yksikkö on juna tai muu raiteella liikkuva kalusto, joka on yksi kokonaisuus.

21.1.2 Tunnuksset ja yksiköt

Taulukkoon 21.1:1 on koottu RATO:n osassa 21 käytetyt tunnuksset.

Taulukko 21.1:1. Tunnuksset ja yksiköt

Tunnus	Selite	Yksikkö
D, d	Pyörän halkaisija	mm
P_o	Akselipaino	kN
R	Kaarteen kaarresäde	m
V	Nopeus	km/h

21.2 Ulottuma

21.2.1 Liikkuvan kaluston ulottuma

Liikkuvan kaluston ulottumaa koskeva vaatimus on määritetty Komission asetuksessa /1/, jonka normatiivisena asiakirjana olevan standardin SFS-EN 15273-2:2013+A1:2016 /4/ liite F määrittää valtion rataverkolla noudatettavan ulottuman FIN1.

Standardissa SFS-EN 15273-2+A1:2016 /4/ on erityisiä vaatimuksia junalauttaliikenteessä käytettävän liikkuvan kaluston ulottumalle.

Kallistuvakoristen junien ulottumalaskennassa suositellaan noudatettavaksi standardissa SFS-EN 15273-2+A1:2016 /4/ esitettävää menetelmää.

21.2.2 Puskinkorkeus ja -etäisyys

Yksikön sivupuskimet on sijoitettava standardin SFS-EN 16839:2017:en /5/ mukaisesti.

21.2.3 Aukean tilan ulottuma

Suomen rataverkon aukean tilan ulottuma määritetään Komission asetuksen /6/ kohdassa *Suomen rataverkon erityispiirteitä*, jonka viiteasiakirjana on standardi SFS-EN 15273-3:2013+A1:2016 /7/.

21.3 Kaluston rataan aiheuttamat rasitukset

Väylävirasto voi tarkkailla rataverkolla liikennöivän kaluston eräitä ominaisuuksia rataan asennettujen automaattisten mittalaitteiden avulla ja asettaa raja-arvon ylittävälle yksikölle toimenpidevaatimuksia.

Tyyppiään edustavan yksikön on ennen käyttöönottoaan läpäistävä yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä /1,2/ määritetyt testit. Näiden testien tulosten perusteella Liikenne- ja viestintävirasto Traficom voi myöntää käyttöönottoluvan.

21.3.1 Akselivälin vaikutus radan kuormitukseen

Yksikön suurinta sallittua ajonopeutta on raiteeseen kohdistuvan rasituksen vähentämiseksi rajoitettava päällysrakenneluokittain, kun pyöräkertojen tavanomaista pienempi etäisyys toisistaan tätä edellyttää. Eri päällysrakenneluokilla sallitut ajonopeudet lasketaan tällöin Saller-Hankenin menetelmän mukaisesti (*Liite 1*).

21.3.2 Kielletyt jarrujärjestelmät

Muiden kuin kitkaa tai magnetismia hyödyntävien jarrujärjestelmien käyttö on kielletty (esim. pyörrevirtajarru).

21.4 Pyöräkerrat

21.4.1 Pyörä- ja pyörästömitat

Pyörä- ja pyörästömitat määritellään kaluston ja turvalaitteiden yhteentoimivuuden rajapintoja käsittelevässä asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/.

21.4.2 Pyörien mekaaniset ominaisuudet

Liikkuvan kaluston pyörien mekaaniset ominaisuudet määritellään Komission asetuksessa 1302/2014 /1/, Komission asetuksessa 321/2013 /2/ ja asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/.

21.4.3 Pyörien välinen impedanssi

Pyörien sähköiset ominaisuudet määritellään kaluston ja turvalaitteiden yhteentoimivuuden rajapintoja käsittelevässä asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/.

21.4.4 Pyörän profiili ja pyöräkerran mitat

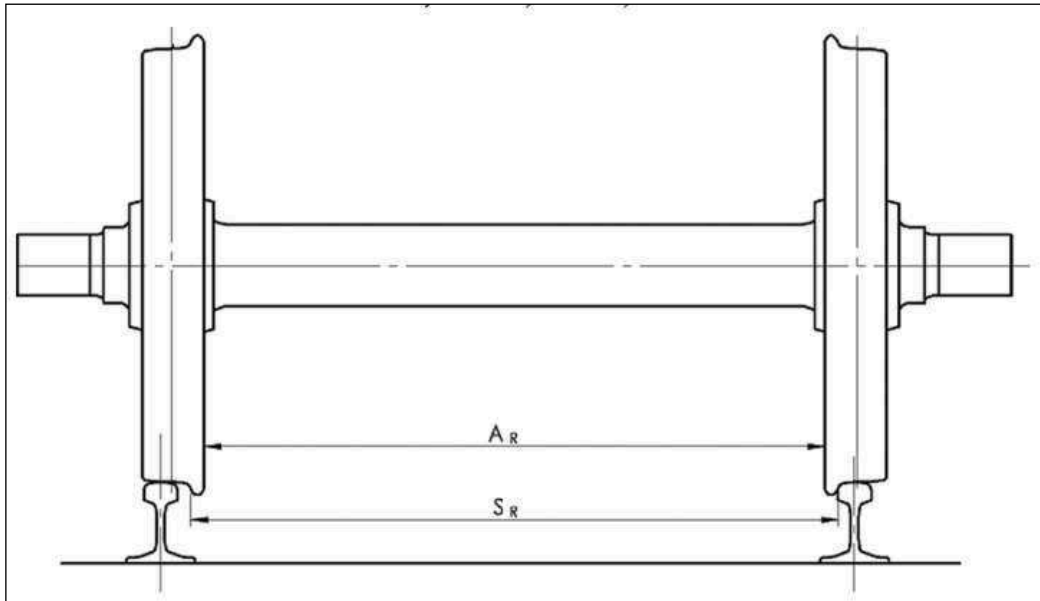
Suomen rataverkon kiskotuksen yhteentoimivuutta ylläpidetään S1002-pyöräprofiilin /1,2,9/ mukaisena. Väyläviraston luvalla voidaan käyttää myös muita, ennen käyttöönottoa soveltuviksi osoitettuja pyöräprofiileja.

Itäisen yhdysliikenteen pyöräkerroissa voidaan käyttää GOST-normin /10/ mukaista pyöräprofiilia.

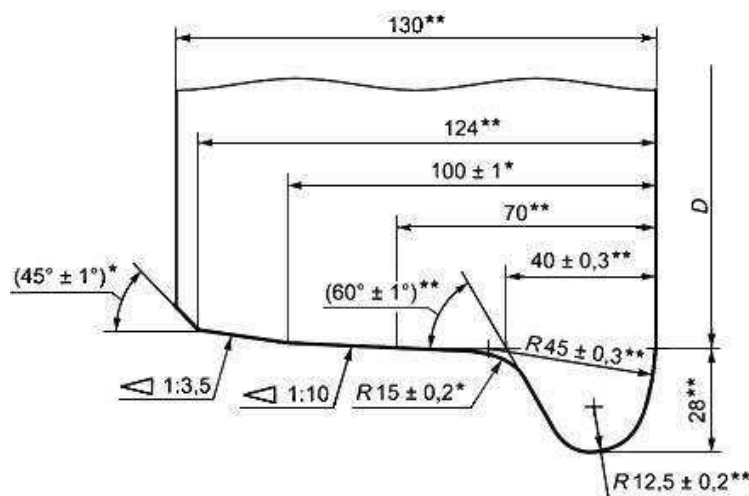
Taulukossa 21.4:1 ja kuvassa 21.4:1 on esitetty GOST-normin mukaisten pyöräkertojen mitat. Näistä poikkeava mitoitus on hyväksyttävä tapauskohtaisesti erikseen.

Taulukko 21.4:1. *GOST-normin mukaisen kaluston pyörän ja pyöräkerran mitat.*

Nimike	Pyörän halkaisija D [mm]	Nimellismita [mm]	Alaraja [mm]	Yläraja [mm]
Kehän leveys	$D \geq 725$		130	145
Laipan ulkopintojen etäisyys (S_R)	$D \geq 725$	1506	1487	
Laipan sisäpintojen etäisyys (A_R)	$D \geq 725$	1440 ± 1	1437	1443



Kuva 21.4:1 Pyöräkerran mitat.



Kuva 21.4:2 GOST-normin /10/ mukainen pyöräprofiili.

21.4.5 Pyörän halkaisija

Pyörän ja kiskon välisen kosketuspaineen rajoittamiseksi pyörän halkaisijan ja akselipainon keskinäinen riippuvuus määritellään Komission asetuksessa (EU) N:o 1302/2014 /1/

21.5 Pyörien ja kiskon välisen rajapinnan hallinta

21.5.1 Laipan voitelu

Kiskojen ja pyörien kulumista kaarteissa on pyrittävä estämään pyörien laippoja voitelemalla.

Voiteluaine ei saa liata pyörän tai kiskon kulkupintaa eikä häiritä raidevirtapiirien toimintaa. Voiteluaine ei saa kertyä kiskon kulkupinnalle eikä se saa olla ympäristölle haitallista.

Rataverkon haltija voi ohjeistaa laipan voitelun ehdoista tarkemmin infrastruktuurirekisterissä.

21.5.2 Hiekoitus

Hiekoituksen ehdoista määrätään yhteentoimivuuden rajapintoja käsittelevässä asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/.

Kitkan lisäämiseen käytettävällä hiekalla on oltava seuraavat ominaisuudet (ei toistaiseksi EU-säädely):

- luonnonhiekkaa tai luonnonkivistä murskattua
- rakeet kiinteitä, rapautumattomia, teräväreunaisia ja epäsäännöllisiä
- kovuus vähintään 5 Mohsin asteikolla
- koostumuksessa on oltava vähintään 40 % SiO₂ (kvartsi)
- kuivaa, ei epäpuhtauksia eikä paakkuuntuvia aineksia
- savi-, hiesu- tai sidosainepitoisuus enintään 2 %

Taulukko 21.5:1 Hiekan raekokojakautuma

[mm]	< 0,10	0,10 - 0,63	0,63 - 0,80	0,80 - 1,60	1,60 - 2,00	2,00 - 2,50	> 2,50
%	0	< 5	< 30	> 50	< 30	< 5	0

Muiden kitkaa lisäävien menetelmien ja aineiden käyttöön on oltava rataverkon haltijan lupa.

21.5.3 Komposiittimateriaalien käyttö jarruanturoissa

Käytettäessä komposiiteista valmistettuja kitkamateriaaleja kaluston jarruanturoissa on noudatettava asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/ annettuja, raidevirtapiirien toimivuuteen liittyviä määräyksiä.

21.5.4 Akselipainon vähimmäisvaatimus

Raidevirtapiirien toiminnan varmistamiseksi liikkuvan kaluston akselipainot eivät saa olla asiakirjan ERA/ERTMS/033281 /8/ määrittämiä arvoja pienempiä.

21.6 Kaluston etätunnistus

Väyläviraston hallinnoimalla rataverkolla olevien liikkuvan kaluston valvontalaitteiden yhteydessä junat voidaan tunnistaa RFID-lukijoilla (Radio Frequency Identification). Valvontatiedon jakelu edellyttää kaluston varustamista RFID-tunnistein. Välittömiä toimenpiteitä edellyttävät valvontalaitteiden hälytykset välitetään junahenkilökunnalle kuitenkin myös tunnisteteettomista yksiköistä.

21.6.1 Asennusvaatimukset

Tämän ohjeen soveltamisalaan kuuluva liikkuva kalusto on varustettava standardin ISO/IEC 18000-63:2015 /11/ mukaista tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntävillä, etäluettavilla RFID-tunnisteilla.

Tunnisteita, niiden asennusta kalustoon ja käyttöä säätelee standardi prEN 17230 /12/.

Kalustossa tai sen kuljettamassa kuormassa mahdollisesti olevat muut etäluettavat tunnistet eivät saa häiritä tämän ohjeen tarkoittamia tunnisteteita eivätkä niiden lukijalaitteita.

Kaluston haltija tai omistaja vastaa mahdollisten tunnisteteita koskevien käyttöönottolupien hankinnasta sekä tunnisteteiden hankinta-, asennus- ja ylläpito-kustannuksista. Väylävirasto vastaa lukijalaitteiden ja niihin välittömästi liittyvän tietojärjestelmän ylläpidosta.

21.6.2 Valvontatiedon hallinnointi

Väylävirasto hallinnoi valtion rataverkolle asennettavia lukulaitteita ja niitä käsittelevää tietojärjestelmää. Valvontatieto on kaluston ylläpito-organisaation saatavissa ja hyödynnettävissä esimerkiksi ennakoivaa kunnossapidon suunnittelua varten. Tietoja voidaan perustellusta syystä luovuttaa myös turvallisuusviranomaiselle.

21.6.3 Tunnisteiden sisältö

Tunnisteisiin on merkittävä yksikön rekisteröintitunnus sellaisena kuin se on kirjattu kansallisen turvallisuusviranomaisen ylläpitämään kalustorekisteriin. Tunnisteeseen on lisäksi merkittävä, kumpi yksikön pääty on sen asennuspaikan vasemmalla puolella yksikköä kohtisuoraan sivusta katsottaessa (ks. taulukot 21.6:1 ja 21.6:2). Tunnistetietoihin sisältyy myös omistajatunnus, jonka perusteella yksikön tietoa voidaan jakaa operaattoreille.

RFID-tunnisteet on koodattava taulukon 21.6:1 mukaisesti.

Taulukko 21.6:1 RFID-tunnisteen sisältö (binäärijärjestelmän mukaisena).
/13/

Bittipositio	Pituus	Kuvaus	Arvo
1-8	8	Header	00110100 (kiinteä)
9-11	3	Filter value	000 (kiinteä)
12-14	3	Partition	101 (5, 7-numeroinen omistajatunnus)
15-38	24	Omistajatunnus (Company prefix)	7-numeroinen
39-96	58	Tunnistenumero (Individual Asset Reference)	17-numeroinen tunniste (ks. taulukko 21.6:2) Kalustonumero (12 numeroa tarkistusmerkkeineen), kylkitieto ja muut mahdolliset lisätiedot koodataan yhteen, taulukko 21.9:2.

Taulukko 21.6:2 Tunnistenumeron sisältö (10-järjestelmän mukaisena)

Bittipositio	Sisältö	Koodaus
1	Kylkitunniste	0 = ei käytössä 1 = ei käytössä 2 = A-pää (esim. käsijarrupää) 3 = B-pää (esim. ei-käsijarrupää) 4-9 = varattu
2-5	Varattu	Varattu, täytetään nolilla
6-17	Kalustonumero	12-numeroinen kalustonumero tarkistusmerkkeineen.

21.6.4 Tunnistetietojen saatavuus

RFID-tunnisteissa tarvittavia omistajatunnuksia jakaa ja hallinnoi maailmanlaajuisesti GS1. Suomessa organisaatiota edustaa GS1 Finland Oy /14/.

21.7 Ympäristöolot

Rataverkolla liikkuvan kaluston tulee pääsääntöisesti toimia Suomessa kaikkina vuodenaikoina, ja on osoitettava, että liikkuva kalusto täyttää Suomen sääolosuhteiden sietoa koskevat, Komission asetuksessa /1/ määritellyt vaatimukset (ympäristöolosuhteet T2).

Suomen rataverkolla vallitsevat luokan T2 mukaiset ympäristöolosuhteet, jotka on otettava huomioon suunniteltaessa kalustoa ja sen käyttöä. Käyttöaluetta tai -aikaa on tarvittaessa rajoitettava, ellei kalustoyksikkö täytä kaikkia T2-luokan vaatimuksia.

21.8 Sähkölaitteet ja valtion rataverkolla käytettävät sähköjärjestelmät

Tässä luvussa esitetään ne tekniset vaatimukset, jotka kaluston tulee täyttää hyödyntäessään Suomen valtion rataverkon sähköistysjärjestelmää. Lisäksi esitetään rataverkon 1500 V- ja 230/400 V -sähkönsyöttöjärjestelmien käyttöön liittyvät kuvaukset ja ohjeistukset. Järjestelmiä tarkastellaan sekä rataverkon mekaanisten että sähköisten ominaisuuksien ja yhteentoimivuuden osalta.

Tämän asiakirjan osat 2.1.8.1 "Sähköistetyt radan ratajohtojärjestelmän kuvaus" ja 2.1.8.2 "Sähköratajärjestelmän sähkövetokalustolle asettamat vaatimukset" käsittelevät ratajohtojärjestelmää ja sen asettamia vaatimuksia sähkövetokaluston virroittimelle ja kaluston sähköjärjestelmille.

Osassa 21.8.3 "Rautatieympäristössä esiintyvien sähköisten häiriöiden määrittely" esitetään vaatimuksia, joiden tulee täytyä sujuvan ja turvallisen rautatien liikennöinnin takaamiseksi.

Liikkuvan kaluston ulkoverkkoliitännät on toteutettu joko 230/400 V -järjestelmällä tai 1500 V -järjestelmällä, joita käsitellään osassa 2.1.8.4 "Liikkuvan kaluston ulkoverkkoliitännät".

21.8.1 Sähköistetyt radan ratajohtojärjestelmän kuvaus

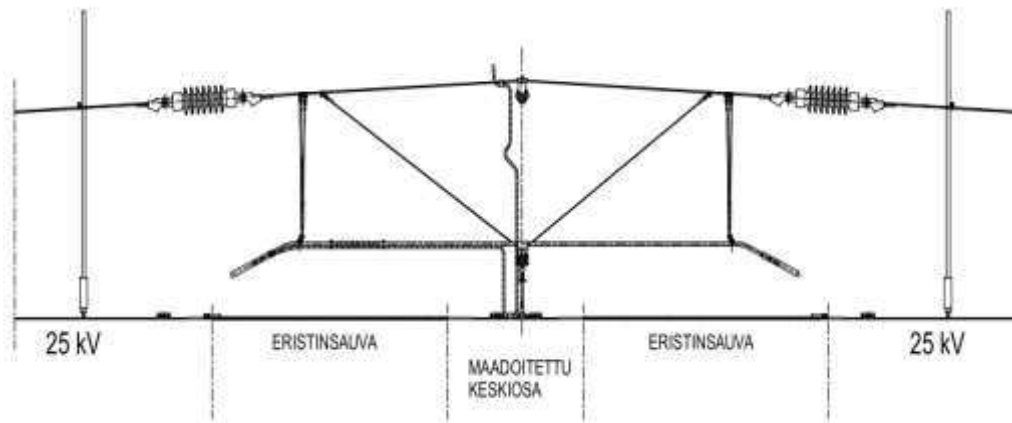
21.8.1.1 Yleistä

Suomen valtion rataverkolla on 25 kV AC, 50 Hz sähköistysjärjestelmä. Järjestelmä on kuvattu ohjeessa RATO 5 Sähköistetty rata /15/. Järjestelmä perustuu standardeihin EN 50163:2004 /16/, EN 50119:2009 /17/, EN 50122-1:2011 /18/, EN 50124-1:2017 /19/, 50124-2:2017 /20/ ja EN 50149: 2012 /21/.

Ajolangan suurin sallittu suunnittelukorkeus kiskon selästä on 6,50 m ja virroitimen aiheuttama noste huomioiden 6,60 m. Ajolangan pienin sallittu korkeus on 5,60 m. Normaali ripustuskorkeus on 6,15 m, jonka kunnossapitotoleranssi on -0,05 ... +0,1 m, mutta suurimmalla ja pienimmällä sallitulla korkeudella ainoastaan $\pm 0,01$ m. Ajolangan siksak on vanhemmissa asennuksissa $0,4 \pm 0,1$ m ja uudemmissa $0,3 \pm 0,1$ m.

21.8.1.2 Erotusjakso

Erotusjaksot on toteutettu eristinsauvoilla, joiden pituus on 1854 mm.



Kuva 21.8:1: Esimerkki Suomessa käytettävistä erotusjaksoista

Erotusjaksossa sähkövetokaluston pääkatkaisijan on oltava avattuna. Pääkatkaisijan ohjauksen ja tehonpudotuksen automatisoimiseksi raiteisiin on sijoitettu magneetit erotusjakson molemmiin puolin. Yksikön anturin tunnistessa magneetit voidaan pääkatkaisija avata ja sulkea.

Magneettien etäisyys erotusjaksosta riippuu radan suurimmasta ajonopeudesta taulukon 21.8:1 mukaisesti. Magneetit ovat samalla etäisyydellä molemmiin puolin erotusjaksoa.

Taulukko 21.8:1 Erotusjaksomagneetin keskipisteen etäisyys erotusjakson magneetinpuoleisen eristimen jännitteisestä päästä

50 km/h	60 km/h	120 km/h	160 km/h	220 km/h
15 m	16 m	23 m	27 m	34 m

Liikkuvan kaluston anturin tulee tunnistaa taulukon 21.8:2 parametreilla asennettu erotusjaksomagneetti.

Taulukko 21.8:2. Erotusjaksomagneetin magneettivuon tiheys

Etäisyys erotusjakso- magneetin pinnasta [cm]	Magneettivuon tiheys [mT = mVs/m ²] t = 20 °C
10	27,5
15	15
20	10

Erotusjaksomagneetin tarkempia spesifikaatioita on esitetty liitteen 2 kuvissa 1 ja 2.

21.8.2 Sähköistetyn radan sähkövetokalustolle asettamat vaatimukset ja suositukset

21.8.2.1 Sähkönsyöttö oikosulutilanteessa

Oikosulun sattuessa syöttöaseman katkaisija laukaisee syöttöjännitteen pois 0,1-0,5 sekunnissa.

Jälleenkytkentäautomatiikan ollessa käytössä jännitteen jälleenkytkentäyritys tapahtuu 4 sekunnin kuluttua oikosulusta.

21.8.2.2 Virroitin

Suomessa on sallittu ainoastaan Komission asetuksen (EU) N:o 1302/2014 /1/ mukainen 1950 mm leveä virroitin. Sähköä johtavan alueen tulee olla vähintään 1550 mm leveä. Virroittimen kelkan leveys (junan pituussuunnassa kontaktihiilien ulkoreunojen välinen etäisyys) saa olla enintään 460 mm.

Kontaktihiilen ja ajolangan on oltava yhteensopivia. Valtion rataverkolla saa käyttää puhdasta hiiltä. Metalliseostetun hiilen käyttö on sallittu vain Väyläviraston luvalla. Hiilten hyötypituuden tulee olla vähintään 1100 mm.

Talviolosuhteissa ajolanka on usein huurteessa, mikä lisää huomattavasti hiilen kulumista. Lisäksi syntyvä valokaari lämmittää hiiltä ja virroittimen kelkkaa, jolloin hiili voi irrota alumiinirungostaan, mikä johtaa nopeasti virroittimen ja usein myös ajojohtimen vaurioon. Peittämällä alumiinirunko ympäriinsä hiilellä ilmiön on todettu lievenevän huomattavasti.

Virroitin on varustettava painekeytkimellä, joka avaa pääkatkaisijan ennen virroittimen irtoamista ajolangasta paineen laskiessa virroittimen nostojärjestelmässä vuodon tai muun vian vuoksi.

Suomen valtion rataverkolle käyttöön tulevan sähkövetokaluston virroitin on varustettava aina Komission asetuksen (EU) N:o 1302/2014 /1/ mukaisella alaslaskulaitteella (ADD, Automatic Dropping Device), joka hiilen vahingoittuessa laskee virroittimen nopeasti alas ennen kuin ajolanka ehtii vaurioitua.

21.8.2.3 Sähköenergian siirto vetokalustosta ajojohtimeen

Sähkövetoinen kalusto saa jarruttaessaan siirtää tehoa kalustosta ajojohtimeen. Energiansyötön tulee tällöin kuitenkin katketa, jos:

- syöttöjännite katoaa ratajohdosta,
- ratajohto on oikosulussa kiskon tai maan kanssa,
- ratajohto ei pysty vastaanottamaan energiaa,
- ratajohdon jännite on suurempi kuin $U_{\max 2}$ (EN 50163:2004, 4.1 /16/),
- kalusto saapuu erotusjaksoon.

Sähkön takaisinsyötön katkeaminen ei saa häiritä jarrutustehon tuottamista.

21.8.2.4 Sallittu loisteho

Sähkövetokalusto ei saa tuottaa merkittävässä määrin loistehoa ratajohtoon. Virran ja jännitteen välisen vaihekulman (ϕ) säätöä voi hyödyntää jännitesäädössä esimerkiksi jarrutettaessa tai ylläpitämään ajojohdon jännitetasoa, mutta normaalissa ajotilanteessa on $\cos \phi > 0,95$ standardin EN 50388:2012 /22/ mukaisesti. Loistehon anto ja otto on tarkastettava käyttöönottokoeajoilla.

21.8.2.5 Energiamittaus

Sähkövetokalusto on varustettava Komission asetuksen (EU) N:o 1302/2014 ja Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 2018/868 /23/ mukaisella energiamittausjärjestelmällä. Väylävirasto on osakkaana Eress-organisaatiossa, joka ylläpitää liikkuvan kaluston energiatietoja keräävää ja hallinnoivaa Erex-järjestelmää. Sähkövetokaluston kootut energialaskutustiedot (CEBD, energiamittaus- ja GPS-sijaintitiedot) pitää lähettää Erex-järjestelmään kuuluvaan tiedonkeruujärjestelmään (DCS) Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 2018/868 /23/ mukaisella tiedonsiirtoprotokollalla. Sähkövetokaluston liittämistä tähän järjestelmään on sovittava Väyläviraston kanssa.

Sähkövetokaluston energiamittaustoiminto on määritelty standardissa EN 50463-(1.5):2017 /24,25,26,27,28/. Ratajohtoverkon energian siirtopalvelusta vastaa Väylävirasto verkonhaltijana. Rautatieyritysten energianhankinnan edellytyksenä on, että verkonhaltija tekee sähkömarkkinoille taseselvityksen ratajohtoverkon energiakulutuksen jakaantumisen kuluttajien kesken. Energiamittaustoiminnon standardien mukaisuuden ja tarkkuuden todennusasiakirjat sekä suunnitelma mittaustietojen tarkkuuden ylläpidosta on toimitettava ennen käyttöönottoa Väylävirastolle.

21.8.3 Rautatieympäristössä esiintyvät sähköiset häiriöt

21.8.3.1 Ratajohtosähkön häiriöt

Sähkövetokaluston yliaaltovirrat aiheuttavat ratajohtoon yliaaltojännitteitä, joiden suuruuteen vaikuttavat ratajohdon kytkentätilanne ja vetokaluston sijainti syöttöasemaan nähden.

Yliaalloista seuraa häviöitä sekä verkoissa että sähkönkäyttäjien laitteissa, laitteiden kuormitettavuuden alentumista, toimintahäiriöitä ja jopa laitevaurioita. Edellä mainitut ilmiöt korostuvat etenkin resonanssitilanteissa, joissa jännite säröytyy huomattavasti.

21.8.3.2 Sallittu virran särö 25 kV:n ratajohdossa

Virran särö 25 kV:n ratasähköjärjestelmässä saa olla enintään 6 %. Särö tulee mitata noin 200 km:n pituisella testiajolla kaluston ollessa normaalissa käytössä.

Virran särön laskentakaava on

$$D_i = \frac{I_d}{I_1}$$

missä särövirta $I_d = \sqrt{\sum_f I_f^2}$ ja I_1 = nimellisvirta perustaaajuudella. Virran säröprosentti saadaan kaavalla

$$D_{\%} = D_i * 100\%$$

21.8.3.3 Sallitut yliaaltovirrat ja virran tasakomponentti 25 kV ratajohdossa

Veturin, yksikön tai yhteenkytkettyjen veturien tai yksiköiden aiheuttamat harmoniset yliaaltovirrat 25 kV -ratajohdossa (25 kV paluuvirtapiirissä) saavat olla enintään liitteen 3 taulukkojen 1-4 mukaiset.

Suurin jatkuva tasavirta 25 kV:n ratajohdossa saa olla enintään 3 A. Kalustossa, jossa on yliaaltojen valvontalaitteisto, sallitaan tasavirran asetteluarvoksi 20 A epätavallisissa olosuhteissa.

Tasavirran vaikutuksia 25 kV -ratasähköjärjestelmään ja 110 kV -järjestelmään on esitelty liitteen 3 kuvassa 1.

21.8.3.4 Rajapinta turvalaitteisiin

Turvalaitteita koskevat vaatimukset kaluston aiheuttamille yliaalloille on annettu asiakirjassa ERA/ERTMS/033281 /8/.

21.8.3.5 Kaluston päämuuntajan kytkentävirtasysäys

Kaluston 25 kV -päämuuntajan kytkentävirtasysäyksen sallitut ensimmäisen ja 35. jakson huippuarvojen raja-arvot muuntajan tehon funktiona on annettu liitteen 3 kuvassa 2. Näiden arvojen todentamisen lisäksi on laskettava muuntajan kytkentävirtasysäyksen tehollisarvo I_{RMS} aikavälille 0...3 s.

$$\left(I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_0^{T=3s} i^2 \times dt} \right)$$

Taulukko 21.11:6 3 MW ja 6 MW muuntajan sallittu kytkentävirtasysäys

Muuntaja	Kytkevävirtasysäys	
	3 MW	6 MW
Ensimmäisen jakson virta t = 10 ms	< 320 A	< 500 A
35. jakson virta t = 690 ms	< 190 A	< 300 A
Tehollisarvo t = 0...3 s	≤ 40 A	≤ 80 A

Mittaustilanne:

- Jännite 25 kV, 50 Hz
- Kytkevähetki jännitteen nollakohdassa

21.8.3.6 Rautatieympäristössä käytettävät radiotaajuudet

Liikkuva kalusto ei saa aiheuttaa ympäristöönsä haitallisia radiotaajuisia häiriöitä eikä häiriintyä ulkopuolisten lähteiden aiheuttamista häiriöistä. Raja-arvot ja häiriöiden mittaolosuhteet on määritelty standardissa EN 50121-3-1 /29/.

21.8.3.7 Psofometrinen virta

Kaluston analogisiin teleyhteyksiin aiheuttamia yliaaltovirtoja kutsutaan psofometrisiksi virroiksi. Mittausmenetelmä on määritelty standardissa EN 50121-3-1:2013 /29/.

Suurin sallittu psofometrisen virran arvo saadaan kaavasta

$$I_{pe,max}[A] \leq 2 \times \sqrt{P [MW]}$$

missä P [MW] on yksikön ottama nimellisteho virroittimen kohdalla pois lukien lämmitykseen käytetty teho ja $I_{pe,max}$ on suurin sallittu psofometrinen virta 25 kV:n ajojohtimessa keskiarvoistettuna minuutin ajan.

21.8.4 Liikkuvan kaluston ulkoverkkoliitännät

21.8.4.1 1500 V -järjestelmän kuvaus

1500 V -järjestelmän taajuus on 50 Hz. Kaluston 1500 V -järjestelmät on esitetty UIC-määrelehdissä 550 /30/ ja 552 /31/.

1500 V -syöttökeskus on pysäköintiraiteen vieressä oleva syöttökeskus. Kaikki syöttökeskukset on varustettu varmuus- ja valvontalaitteilla siten, ettei pistotulpalla pääse tekemään vahingossa jännitteellistä kytkentää. Syöttökeskus ei syötä, kun siinä palaa vihreä tai sininen 1500 V -merkkivalo.

Vaunumuuntajien kytkentävirtasysäys saa olla enintään 12 A.

1500 V -pistorasia

Pistorasian rakenne on esitetty UIC-määrelehdessä 552 /31/.

Pistorasia avautuu UIC-määrelehden 552 /31/ mukaisella avaimella. Järjestelmän käytössä tulee noudattaa annettua ohjeistusta.

Kun 1500 V -laitteisto ei ole käytössä, ei avain saa olla varmistuskytkimessä. Avain on säilytettävä sille varatussa paikassa.

21.8.4.2 Liikkuvan kaluston 230/400V -ulkoverkkoliitännät

Liikkuvan kaluston pistokytkimien tulee olla yhteensopivia rataverkon 230/400V -ulkosyöttökeskusten liitälaitteiden kanssa.

Kolmivaiheinen 230/400 V -syöttöjärjestelmä pitää olla aina toteutettu 5-johdinjärjestelmällä (3L + N + PE).

Pistokytkin ulkoverkkoliitännän, liitälaitteen enintään 22 kVA

Pistokytkimen jännite- ja virta-arvot ovat 230/400 V 32 A. Kosketinjärjestys on standardin SFS-EN 60309-2:2000 [standardilehti 2-II] /32/ mukainen 3L + N + PE(6h) siten, että liikkuvan kaluston puolella on kiinteästi asennettu kojevas-take.

230/400 V 63 A syöttöjärjestelmät (3L + N + PE + pilot)

Rataverkolla käytetään kolmivaiheisia, junien syöttöjärjestelmiin sovitettuja 230/400 V 63 A -syöttökeskuksia. Kolmivaiheisen 230/400 V 63 A -järjestelmän taajuus on 50 Hz. Järjestelmään tehtävissä asennuksissa on käytettävä IEC:n mukaista viisijohdinjärjestelmää ja pilot-johdinta: kolme vaihetta, nollijohdin, suojamaa ja pilot-johdin (L1 + L2 + L3 + N + PE(6h) + pilot).

Toteutuksessa tulee erityisesti huomioida vaatimus pilot-johdotuksesta. Kosketinjärjestys on standardin SFS-EN 60309-2:2000 [standardilehti 2-IIIa] /32/ mukainen.

21.9 Viestintä

Junaliikenteen puheviestinnässä on käytettävä VIRVE-viestintäjärjestelmää.

Liikenteenohjauksen ja yksikön välistä viestintää varten vetokaluston ohjaamo on varustettava TETRA-ohjaamoradiopuhelimella.

Junien ohjaamoradioiden hankinnassa, asentamisessa ja käyttöönotossa on noudatettava sekä Traficomien määräystä /33/ että Väyläviraston ohjetta /34/.

21.10 Junan kulunvalvonta

Junissa käytettävän kulunvalvontajärjestelmän tulee olla yhteensopiva raiteeseen asennettujen osien kanssa. Suomessa käytettävä ATP-VR/RHK - kulunvalvontalaitteisto (esim. Bombardier EBICAB 9006) on ohjaus-, hallinta- ja merkinantojärjestelmän yhteentoimivuuden teknisen eritelmän (CCS TSI) mukainen luokan B järjestelmä, josta on annettu Traficomien määräys /35/.

Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää luokan A mukaista yhteentoimivaa ETCS-veturilaitetta tulevilla ETCS-radoilla, tai jos liikennöidään myös JKV-rataosilla, ETCS- ja STM-laitteen (sovitustiedonsiirtomoduuli) yhdistelmää.

21.11 Koeajot

Uuden tai merkittävästi muutetun kaluston testaukseen ja koeajoihin Väylävirasto voi hakemuksesta osoittaa tarpeisiin sopivia raiteita tai rataosuuksia.

Tyypillisesti koeajo-olosuhteita tarvitaan testattaessa ja mitattaessa

- kulkuominaisuuksia
- yksiköiden kytkeytymistä
- ohiajomelua
- hidastuvuutta / jarrujärjestelmiä
- sähköistä yhteensopivuutta
- energianmittauksen toimintaa
- radioviestintäjärjestelmää
- kulunvalvontajärjestelmää

Väyläviraston julkaisema Verkkoselostus sisältää eräiden yleisesti käytettyjen koeajoympäristöjen tarkemmat tiedot ja ohjeet raiteiden varaamiseksi ja käyttämiseksi.

21.12 Kalustohyväksynnän lausuntomenettely

Osana yksikön tai yksikkötyypin hyväksyntämenettelyä hyväksyntäviranomai-
nen voi pyytää rataverkon haltijaa arvioimaan yksikön soveltuvuutta käytettä-
väksi rataverkolla. Arvion perusteella laadittava lausunto toimitetaan hyväk-
synnän antavalle viranomaiselle liitettäväksi hyväksyntäasiakirjoihin.

Lausuntoa varten olisi toimitettava taulukon 21.12:1 edellyttämät todenteet. Tie-
tokokonaisuus voi tapauskohtaisesti poiketa taulukossa esitetystä.

Taulukko 21.12:1 Kalustohyväksynnän lausuntomenettelyssä tarvittavat tiedot.

Asia	Vaatus	Todentamistapa
Ulottuma	EN15273-2:2013 /4/ Liite F.4: FIN1-ulottuma	Piirustus Kavennus- ja korotuslaskelma
Suurin akselipaino	Verkkoselostus	Kaluston tekninen tie- dosto
Pienin akselipaino/yhteentoi- mivuus raidevirtapiirien kanssa	ERA/ERTMS/033281 8/	Kaluston tekninen tie- dosto
Yhteentoimivuus akselinlaski- joiden kanssa	ERA/ERTMS/033281 /8/	Piirustus
Pyöräprofiilit	RATO 21 (S1002, EPS, GOST, Plasser)	Esim. piirustus
Yhteentoimivuus kuuma- käynti-ilmaisimien kanssa	YTE:t	Esim. piirustus
Yhteentoimivuus valvonta- laitteiden kanssa	Valmistajan tulee toimittaa tiedot akseleiden välisistä etäisyyksistä, sekä RFID-järjestelmän operaatio- rikoodista. Kalusto tulee varustaa oikein koo- datuilla RFID-tunnisteilla	Piirustus tai muu doku- mentti akseleiden väli- sistä etäisyyksistä, sekä RFID-tunnisteiden asennuksista
Yhteentoimivuus opastinjär- jestelmän kanssa/jarrutus- kyky	Junaliikenteen ja vaihtotyön turval- lisuussäännöt	Tekninen tiedosto tai jarrulasku/ pysähty- mismatka-koeraportti
Yhteentoimivuus kulunval- vontajärjestelmän kanssa	Kaluston kulunvalvontajärjestel- män on oltava yhteentoimiva rata- verkon JKV-järjestelmän kanssa	Tekninen tiedosto
Laipanvoitelu	RATO 21: Vetokalustossa tulee olla laipan- voitelujärjestelmä	Tekninen asiakirja, esim. piirustus
Virroittimen rakenne ja toi- minta	EN 50367:2012 /36/ EN 50206-1:2010 /37/ EN 50317:2012 /38/ RATO 21	Tekninen tiedosto ja koeajoraportit
Virroittimen nostopaineen tunnistus	RATO 21: virroitin tulee varustaa nostovoiman valvonnalla.	Tekninen asiakirja, jossa järjestelmä on kuvattu
Energiamittari	RATO 21: Kalusto tulee varustaa Erex-yh- teensopivalla energianmittausjär- jestelmällä.	Tekninen asiakirja, jossa järjestelmä on kuvattu
Virroittimen hiilen vahingoit- tumisen valvonta	RATO 21: Virroitin tulee varustaa aina auto- maattisella alaslaskulaitteella	Tekninen asiakirja, jossa järjestelmä on kuvattu

Asia	Vaatimus	Todentamistapa
Erotusjakson tunnistus	RATO 21: Vetokalustoon suositellaan erotus- jakson automaattista tunnistusta	Tekninen asiakirja ja koeajoraportti
Energianmittausjärjestelmä	EN 50463 osat 1-5:2017 /24,25,26,27,28/ RATO 21: Energianmittausjärjes- telmä tulee liittää Erex-tiedonke- ruujärjestelmään	Tekninen asiakirja, jossa järjestelmä on kuvattu sekä käyttöön- ottodokumentit
Loistehon hallinta	EN 50388:2012 /22/: tarkastusme- netelmä RATO 21: Mikäli kalusto aiheuttaa merkittä- vää loistehoa, tulee loisteho hallita kalustossa	Tekninen asiakirja, jossa asia on kuvattu
Suurin ajojohtimesta otettava teho ja virta sekä suurin ka- lustosta ajojohtimeen syötet- tävä teho jarrutuksessa	EN 50388:2012 /22/: tarkastusme- netelmä	Koeajoraportti
Yliaallot, tasavirtakompo- nentti, dynaamiset vaikutuk- set ja virran särö	EN 50388:2012 /22/ RATO 21 yhteensopivuuden arviointi	Koekäyttö- ja koeajo- raportit
EMC-rajapinta turvalaitteisiin	ERA/ERTMS/033281 /8/ RATO 21	Koekäyttö- ja koeajo- raportit
EMC rajapinta radiotaajuuk- silla ja analogisiin teleyhteyk- siin	EN 50121-3-1:2017 /29/	Mittausraportti
Kaluston päämuuntajan kyt- kentävirtasysäys	RATO 21	Mittausraportti

Viitteet

- /1/ KOMISSION ASETUS (EU) N:o 1302/2014, annettu 18 päivänä marraskuuta 2014, Euroopan unionin rautatiejärjestelmän liikkuvan kaluston osajärjestelmää "veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto" koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä
- /2/ Komission asetus (EU) N:o 321/2013, annettu 13 päivänä maaliskuuta 2013, Euroopan unionin rautatiejärjestelmän osajärjestelmää "liikkuva kalusto – tavaraliikenteen vaunut"
- /3/ Ratatyökoneet, VÄYLÄ/731/06.04.01/2020, Väyläviraston ohjeita 7/2020
- /4/ SFS-EN 15273-2:2013 + A1:2016:en Railway applications. Gauges. Part 2: Rolling stock gauge
- /5/ SFS-EN 16839:2017:en. Railway applications. Rolling stock. Head stock layout.
- /6/ KOMISSION ASETUS (EU) N:o 1299/2014, annettu 18 päivänä marraskuuta 2014, Euroopan unionin rautatiejärjestelmän infrastruktuuriosajärjestelmää koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä
- /7/ SFS-EN 15273-3:2013 + A1:2016:en. Railway applications. Gauges. Part 3: Structure gauges
- /8/ ERA/ERTMS/033281. Interfaces Between Control-command and Signalling Trackside and Other Subsystems.
- /9/ SFS-EN 13715 + A1:en. Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheels. Tread profile
- /10/ ГОСТ 9036-88 Колеса цельнокатаные. Конструкция и размеры
(GOST 9036-88. Solid-rolled wheels. Design and dimensions)
- /11/ ISO/IEC 18000-63:2015. Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 63: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type C
- /12/ prEN 17230. Information technology - RFID in rail
- /13/ EPC Tag Data Standard. GS1 Standard. Version 1.8, Jan-2014
- /14/ <https://www.gs1.fi/palvelumme/gs1-yritystunniste>, viitattu 15.4.2020
- /15/ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5. Sähköistetty rata. Liikenneviraston ohjeita 23/2018
- /16/ SFS-EN 50163:2004:en. Railway applications - Supply voltages of traction systems.
- /17/ EN 50119:2009. Railway applications - Fixed installations - Electric traction overhead contact lines
- /18/ EN 50122-1:2011 Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock
- /19/ EN 50124-1:2017. Railway applications - Insulation coordination - Part 1: Basic requirements - Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment
- /20/ EN 50124-2:2017. Railway applications - Insulation coordination - Part 2: Overvoltages and related protection
- /21/ EN 50149:2012 Railway applications - Fixed installations - Electric traction - Copper and copper alloy grooved contact wires
- /22/ EN 50388:2012. Railway Applications - Power supply and rolling stock - Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability
- /23/ Komission täytäntöönpanoasetus (EU) N:o 2018/868, annettu 13 päivänä kesäkuuta 2018, asetuksen (EU) N:o 1301/2014 ja asetuksen (EU) N:o 1302/2014 muuttamisesta energianmittausjärjestelmää ja tiedonkeruujärjestelmää koskevien säännösten osalta
- /24/ EN 50463-1:2017. Railway applications - Energy measurement on board trains - Part 1: General
- /25/ EN 50463-2:2017. Railway applications - Energy measurement on board trains - Part 2: Energy measuring
- /26/ EN 50463-3:2017. Railway applications - Energy measurement on board trains - Part 3: Data handling
- /27/ EN 50463-4:2017. Railway applications - Energy measurement on board trains - Part 4: Communication
- /28/ EN 50463-5:2017. Railway applications - Energy measurement on board trains - Part 5: Conformity assessment
- /29/ EN 50121-3-1:2017 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle
- /30/ UIC Leaflet 550-1, -2, -3:2005. Power supply installations for passenger stock
- /31/ UIC Leaflet 552:2005. Electrical power supply for trains - Standard technical characteristics of the train line
- /32/ SFS-EN 60309-2:2000. Teollisuuskäyttöön tarkoitettut voimapistokytkimet. Osa 2: Mitoitusvaatimukset.
- /33/ Rautateiden ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmä. Määräys. TRAFICOM/251470/03.04.02.00/2019
- /34/ GUIDELINE: VIRVE Network Requirements for hand portable and mobile terminals. Guidelines of the Finnish Transport Agency 36/2016. LIVI/5777/06.04.01/2016 10.5.2017
- /35/ Rautateiden ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmä. Määräys. TRAFICOM/251470/03.04.02.00/2019.
- /36/ EN 50367:2012. Railway applications - Current collection systems - Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)
- /37/ EN 50206-1:2010. Railway applications - Rolling stock - Pantographs: Characteristics and tests - Part 1: Pantographs for main line vehicles
- /38/ EN 50317:2012. Railway applications - Current collection systems - Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line

Saller-Hankenin menetelmä

Kun kalustoyksikön pyörästön rakenteen vuoksi vierekkäiset akselit ovat tavanomaista lähempänä toisiaan, lasketaan kalustoyksikön suurin sallittu nopeus rataluokittain Saller-Hankenin menetelmää käyttäen. Alimpien rataluokkien rai-teilla on usein tarpeen joko rajoittaa nopeutta tai kieltää liikennöinti kokonaan.

Laskentamenetelmä määrittää kiskon jalan suurimman vetojännityksen kalus-toyksikön eri nopeuksilla. Saatuja arvoja verrataan sallittuun jännitykseen, jona yleisesti voidaan käyttää arvoa 160 MPa. Vertailun perusteella saadaan rata-luokittain sallitut nopeudet.

Laskennassa tarvittavat kalustoyksikön mitat ja massat on toimitettava Väylä-virastolle käyttöönottoluvan liitteeksi tulevaa lausuntoa haettaessa.

Taivutusjännitys lasketaan kaavalla:

$$\sigma = \frac{k_2 \times E \times k_3 \times M}{W}, \text{ jossa} \quad (1)$$

σ = jännitys

k_2 = nopeuskerroin

k_3 = dynaaminen kerroin; käytetään arvoa 1,15

W = taivutusvastus [10^3 mm^3]

M = momentti

Nopeuskerroin k_2 lasketaan nopeuksille 0 ... 200 km/h kaavalla:

$$k_2 = 1 + \frac{3 \times v^2}{10^5} - \frac{v^3}{10^7}, \text{ jossa} \quad (2)$$

v = nopeus [km/h]

Kertoimien arvoista saadaan näin ollen taulukko, jossa $k_2 = 1,0 \dots 1,4$.

Kaavassa (1) esiintyvän momentin M määrittämiseksi on tiedettävä kalus-toyksikön akselimäärä, pyörästömitat ja akselipainot:

$$M = \left\{ \frac{P_0 L}{4} - \frac{P_1 \times (3,75L - a_1) + P_2 \times (3,75L - a_2) + \dots + P_n \times (3,75L - a_n)}{42} \right\}, \text{ jossa} \quad (3)$$

P_0 = pyöräpaino [N]

L = kuormituksen vaikutusalue (Zimmermannin mukaan)

a_i = etäisyys viereisestä akselistä

Kun $a_i < 1,57L$, käytetään arvoa $a'_i = 3,14L - a_i$

Kaavan (3) vaikutusalue L lasketaan seuraavasti:

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 \times E \times I \times a}{c \times b \times u}}, \text{ jossa} \quad (4)$$

$E = 210 \text{ kN/mm}^2$

$I =$ kiskon neliömomentti [mm^4]; ks. RATO 11, taulukko 11.5:1

$a =$ ratapölkkyjen väli [mm]

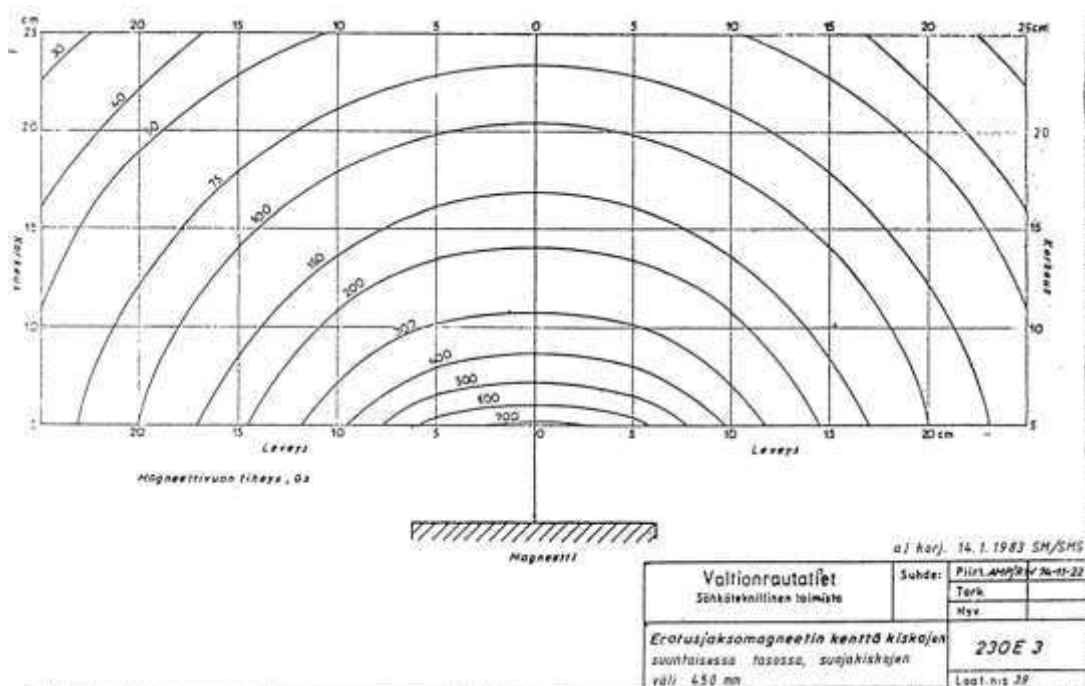
$c =$ alustakerroin; $c_{\text{sora}} = 4 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$, $c_{\text{sepeli}} = 12 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$

$b =$ ratapölkyn leveys [mm]; $b = 240 \text{ mm}$

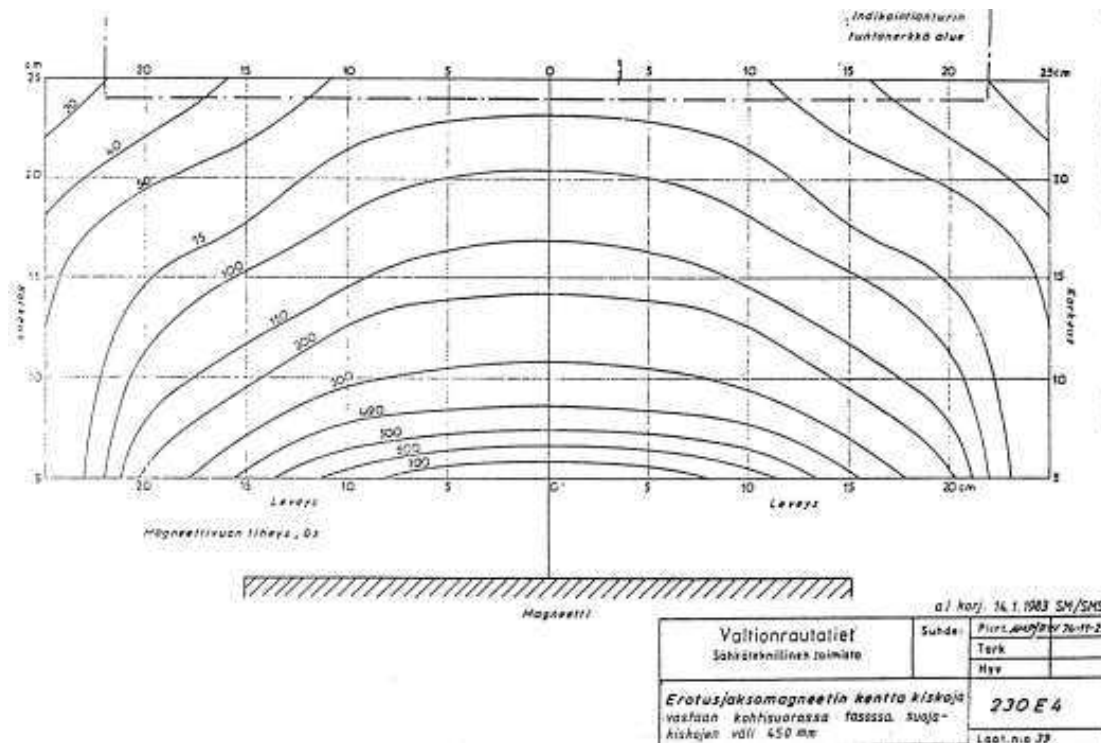
$u =$ ratapölkyn pään etäisyys kiskon keskiviivasta [mm], $u = 550 \text{ mm}$

Kun kaavan (2) perusteella eri nopeuksille laskettu jännitys $\sigma < 160 \text{ MPa}$, voidaan ao. nopeus sallia sillä rataluokalla, jonka ominaisarvoja laskennassa on käytetty.

Erotusjaksomagneetin kenttä



Kuva L3.1. Erotusjaksomagneetin kenttä kiskoja suuntaisessa fasassa, suojakiskoja etäisyys 450 mm



Kuva L3.2: Erotusjaksomagneetin kenttä kiskoja vastaan kohtisuorassa tasossa, suojakiskoja etäisyys 450 mm

Sähköisten häiriöiden mittaust ja raja-arvot

Yliaaltovirrat ja virran tasakomponentti todennetaan noin 200 km testiajolla. Kaluston käyttö on ajon aikana normaalin liikenteen mukaista. Sallitut yliaaltovirrat 25 kV ratajohdossa (25 kV paluuvirtapiirissä) on esitetty tämän liitteen taulukossa.

Särövirran tehollisarvot voidaan laskea FFT (Fast Fourier Transformation) menetelmällä käytettävän ensimmäisen kertaluvun suotimen aikavakioksi valitaan noin 1,5 sekuntia.

Harmonisia komponentteja analysoitaessa käytetään esimerkiksi FFT (Fast Fourier Transformation) -menetelmää.

Testitulokset ovat hyväksyttäviä, jos 2-100 -kertaisten harmonisten yliaaltojen (taajuusalue 100 - 5000 Hz) kaikista näytteistä 96 % alittaa taulukon arvot. Jos jonkun taajuuden arvot ylittävät 50 %:lla taulukon arvot, tulosten hyväksyttävyyden arvioitava erikseen Liikenneviraston kanssa.

$P(MW)$ = Liikkuvan kaluston käytössä oleva summanimellisteho ilman lämmitystä

Taulukko 1. Sallittu yliaaltovirran tehollisarvo, kun summanimellisteho $P = 1$ MW ilman lämmitystä

Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto
Taajuus	Virta	Taajuus	Virta
No / [Hz]	[mA]	No / [Hz]	[mA]
2/100	660	3/150	880
4/200	440	5/250	880
6/300	220	7/350	880
8/400	90	9/450	440
10/500	90	11/550	500
12/600	90	13/650	500
14/700	90	15/750	130
16/800	90	17/850	330
18/900	90	19/950	330
20/1000	90	21/1050	90
22/1100	90	23/1150	150
24/1200	90	25/1250	150
26/1300	90	27/1350	90
28/1400	90	29/1450	120
30/1500	90	31/1550	110
32/1600	90	33/1650	90
34/1700	90	35/1750	100
36/1800	90	37/1850	96
38/1900	90	39/1950	90
40/2000	90	41/2050	89
42/2100	87	43/2150	86
44/2200	85	45/2250	83
46/2300	82	47/2350	81
48/2400	79	49/2450	78
50/2500	77	51/2550	76

52/2600	75	53/2650	74
54/2700	73	55/2750	72
56/2800	71	57/2850	70
58/2900	70	59/2950	69
60/3000	68	61/3050	67
62/3100	67	63/3150	66
64/3200	65	65/3250	64
66/3300	64	67/3350	63
68/3400	63	69/3450	62
70/3500	62	71/3550	61
72/3600	61	73/3650	60
74/3700	60	75/3750	59
76/3800	59	77/3850	58
78/3900	58	79/3950	57
80/4000	56	81/4050	56
82/4100	56	83/4150	55
84/4200	55	85/4250	54
86/4300	54	87/4350	54
88/4400	53	89/4450	53
90/4500	53	91/4550	52
92/4600	52	93/4650	52
94/4700	51	95/4750	51
96/4800	51	97/4850	50
98/4900	50	99/4950	50
100/5000	50	->	0,022+2,75/n

Taulukko 2. Sallittu yliaaltovirran suhde nimellisvirtaan
Inim = Nimellisvirta ilman lämmitystä, Ih = Yliaaltovirta

Yliaalto	Suhde	Yliaalto	Suhde
Taajuus	Ih/Inim	Taajuus	Ih/Inim
No / [Hz]	[A/A]	No / [Hz]	[A/A]
1/ 50	1	1/ 50	1
2/100	0,0165	3/150	0,022
4/200	0,0110	5/250	0,022
6/300	0,0055	7/350	0,022
8/400	0,0023	9/450	0,011
10/500	0,0023	11/550	0,0125
12/600	0,0023	13/650	0,0125
14/700	0,0023	15/750	0,0033
16/800	0,0023	17/850	0,0083
18/900	0,0023	19/950	0,0083
20/1000	0,0023	21/1050	0,0023
22/1100	0,0023	23/1150	0,0038
24/1200	0,0023	25/1250	0,0038
26/1300	0,0023	27/1350	0,0023
28/1400	0,0023	29/1450	0,0030
30/1500	0,0023	31/1550	0,0028
32/1600	0,0023	33/1650	0,0023
34/1700	0,0023	35/1750	0,0025
36/1800	0,0023	37/1850	0,0024
38/1900	0,0023	39/1950	0,0023

40/1600	0,0023	41/2050	0,0023
42/2100	0,0023	43/2150	0,0022
44/2200	0,0022	45/2250	0,0021
46/2300	0,0021	47/2350	0,0020
48/2400	0,0020	49/2450	0,0020
50/2500	0,0019	51/2550	0,0019
52/2600	0,0019	53/2650	0,0018
54/2700	0,0018	55/2750	0,0018
56/2800	0,0018	57/2850	0,0018
58/2900	0,0018	59/2950	0,0017
60/3000	0,0017	61/3050	0,0017
62/3100	0,0017	63/3150	0,0017
64/3200	0,0017	65/3250	0,0016
66/3300	0,0016	67/3350	0,0016
68/3400	0,0016	69/3450	0,0016
70/3500	0,0016	71/3550	0,0015
72/3600	0,0015	73/3650	0,0015
74/3700	0,0015	75/3750	0,0015
76/3800	0,0015	77/3850	0,0014
78/3900	0,0014	79/3950	0,0014
80/4000	0,0014	81/4050	0,0014
82/4100	0,0014	83/4150	0,0014
84/4200	0,0014	85/4250	0,0014
86/4300	0,0014	87/5350	0,0013
88/4400	0,0013	89/5450	0,0013
90/4500	0,0013	91/4550	0,0013
92/4600	0,0013	93/4650	0,0013
94/4700	0,0013	95/4750	0,0013
96/4800	0,0013	97/4850	0,0013
98/4900	0,0013	99/4950	0,0012
100/5000	0,0012	->	0,00055+0,069/n

Taulukko 3. Sallittu yliaaltovirran tehollisarvo, kun summanimellisteho $P = 6,2$ MW ilman lämmitystä

Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto
Taajuus	Virta	Taajuus	Virta
No / [Hz]	I [A]	No / [Hz]	I [A]
2/100	4,1	3/150	7,7
4/200	2,7	5/250	5,5
6/300	1,4	7/350	5,5
8/400	0,56	9/450	2,7
10/500	0,56	11/550	3,10
12/600	0,56	13/650	3,10
14/700	0,56	15/750	0,81
16/800	0,56	17/850	2,00
18/900	0,56	19/950	2,00
20/1000	0,56	21/1050	0,56
22/1100	0,56	23/1150	0,93
24/1200	0,56	25/1250	0,93
26/1300	0,56	27/1350	0,56
28/1400	0,56	29/1450	0,74

30/1500	0,56	31/1550	0,68
32/1600	0,56	33/1650	0,56
34/1700	0,56	35/1750	0,62
36/1800	0,56	37/1850	0,60
38/1900	0,56	39/1950	0,56
40/2000	0,56	41/2050	0,55
42/2100	0,55	43/2150	0,53
44/2200	0,54	45/2250	0,52
46/2300	0,51	47/2350	0,50
48/2400	0,49	49/2450	0,48
50/2500	0,48	51/2550	0,47
52/2600	0,47	53/2650	0,46
54/2700	0,46	55/2750	0,45
56/2800	0,45	57/2850	0,44
58/2900	0,44	59/2950	0,43
60/3000	0,43	61/3050	0,42
62/3100	0,42	63/3150	0,41
64/3200	0,41	65/3250	0,40
66/3300	0,40	67/3350	0,39
68/3400	0,39	69/3450	0,39
70/3500	0,39	71/3550	0,38
72/3600	0,38	73/3650	0,37
74/3700	0,37	75/3750	0,37
76/3800	0,37	77/3850	0,36
78/3900	0,36	79/3950	0,35
80/4000	0,35	81/4050	0,35
82/4100	0,35	83/4150	0,35
84/4200	0,34	85/4250	0,34
86/4300	0,34	87/4350	0,34
88/4400	0,33	89/4450	0,33
90/4500	0,33	91/4550	0,33
92/4600	0,32	93/4650	0,32
94/4700	0,32	95/4750	0,32
96/4800	0,32	97/4850	0,32
98/4900	0,31	99/4950	0,31
100/5000	0,31	->	0,14 + 17 / n

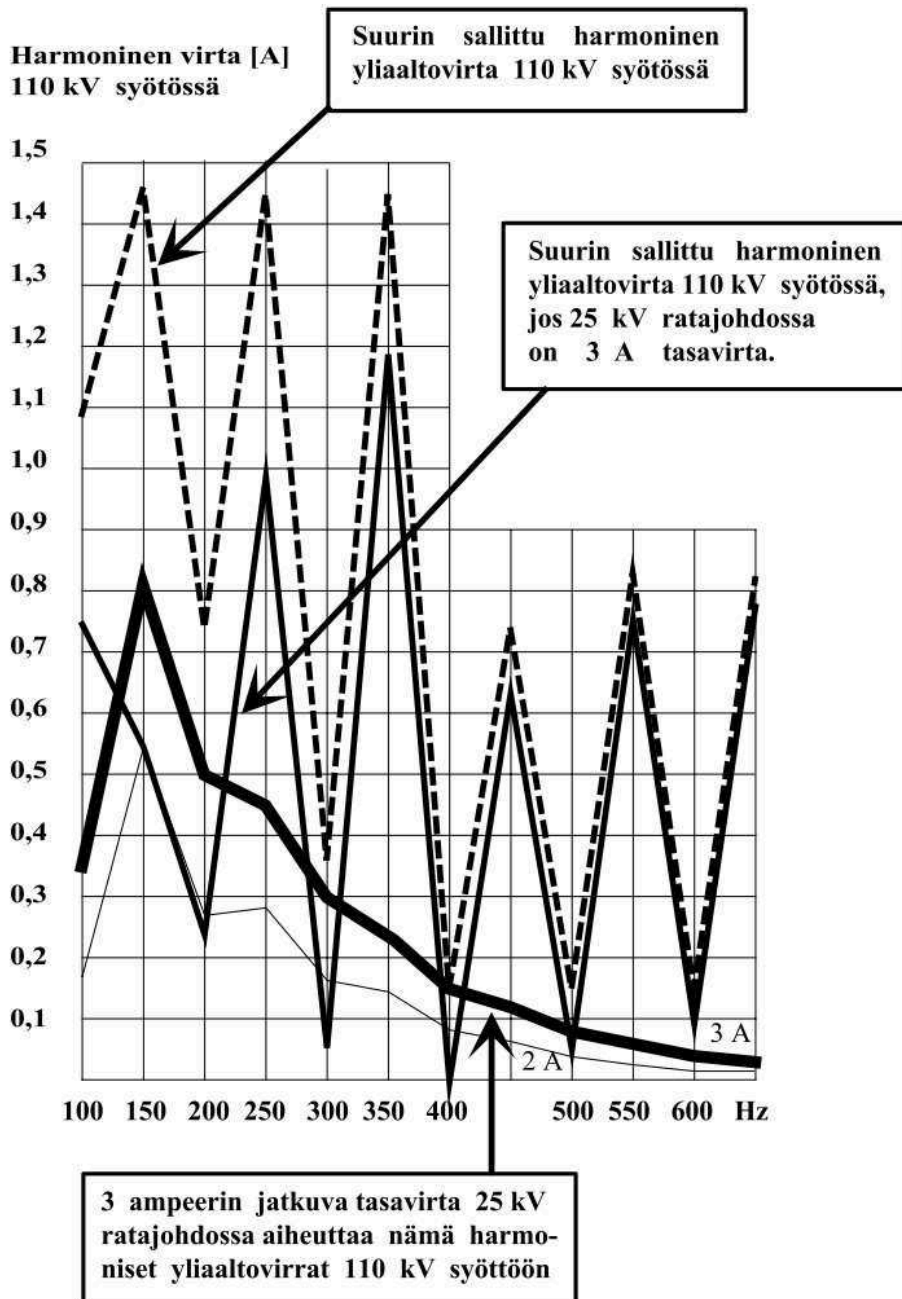
Taulukko 4. Sallittu yliaaltovirran huippuarvo, kun summanimellisteho $P = 6,2$ MW ilman lämmitystä.

Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto	Yliaalto
Taajuus	Virta	Taajuus	Virta
No / [Hz]	\hat{i} [A]	No / [Hz]	\hat{i} [A]
2/100	5,8	3/150	10,4
4/200	3,9	5/250	7,7
6/300	1,9	7/350	7,7
8/400	0,77	9/450	3,9
10/500	0,77	11/550	4,3
12/600	0,77	13/650	4,3
14/700	0,77	15/750	1,2
16/800	0,77	17/850	2,9
18/900	0,77	19/950	2,9
20/1000	0,77	21/1050	0,77

22/1100	0,77	23/1150	1,40
24/1200	0,77	25/1250	1,40
26/1300	0,77	27/1350	0,77
28/1400	0,77	29/1450	1,00
30/1500	0,77	31/1550	0,96
32/1600	0,77	33/1650	0,77
34/1700	0,77	35/1750	0,88
36/1800	0,77	37/1850	0,84
38/1900	0,77	39/1950	0,77
40/2000	0,77	41/2050	0,77
42/2100	0,76	43/2150	0,75
44/2200	0,74	45/2250	0,72
46/2300	0,71	47/2350	0,70
48/2400	0,69	49/2450	0,68
50/2500	0,67	51/2550	0,66
52/2600	0,65	53/2650	0,64
54/2700	0,64	55/2750	0,63
56/2800	0,62	57/2850	0,61
58/2900	0,61	59/2950	0,60
60/3000	0,59	61/3050	0,58
62/3100	0,58	63/3150	0,57
64/3200	0,57	65/3250	0,56
66/3300	0,56	67/3350	0,55
68/3400	0,55	69/3450	0,54
70/3500	0,54	71/3550	0,53
72/3600	0,53	73/3650	0,52
74/3700	0,52	75/3750	0,51
76/3800	0,51	77/3850	0,50
78/3900	0,50	79/3950	0,49
80/4000	0,49	81/4050	0,49
82/4100	0,48	83/4150	0,48
84/4200	0,47	85/4250	0,47
86/4300	0,46	87/4350	0,47
88/4400	0,46	89/4450	0,46
90/4500	0,46	91/4550	0,45
92/4600	0,45	93/4650	0,45
94/4700	0,45	95/4750	0,44
96/4800	0,44	97/4850	0,44
98/4900	0,43	99/4950	0,43
100/5000	0,43	->	0,19 + 24 / n

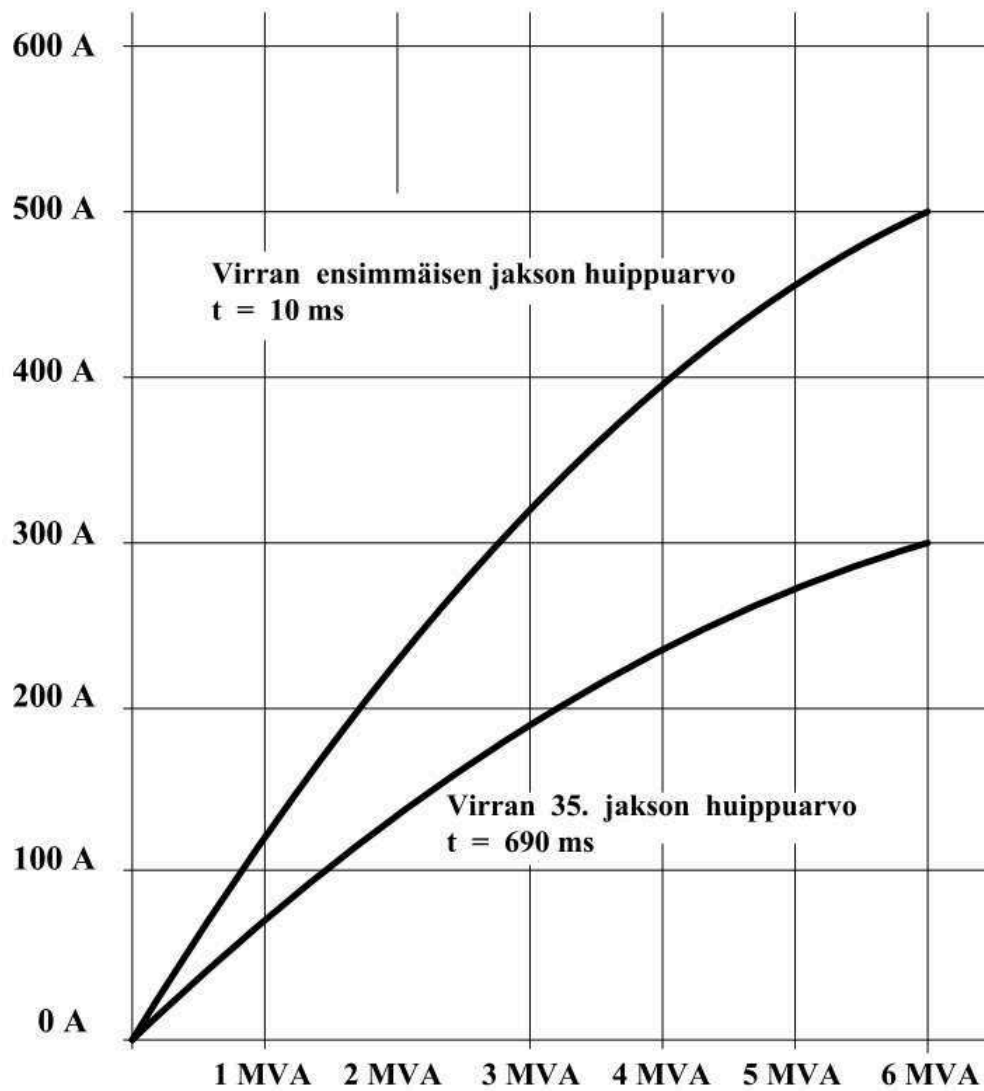
Virran tasakomponentti 25 kV:n ratajohdossa

Virran tasakomponentti 25 kV ratajohdossa (25 kV paluuvirtapiirissä) tutkitaan esim. spektrianalysaattorilla tai oskillografilla



Kuva L3.1. Virran tasakomponentin vaikutukset 25 kV:n ratajohdossa ja 110 kV syötössä

25 kV muuntajan kytkentävirtasysäys



Kuva L3.2. 25 kV muuntajan sallittu kytkentävirtasysäys



**Väylävirasto
Trafikledsverket**