



## Perustusmaadoituksen ratkaisut



Perustusmaadoituselektrodi

## Perustusmaadoitus – huolto- vapaa maadoitusjärjestelmä

Toimiva maadoitusjärjestelmä on kaikkien rakennusten sähköasennusten olennainen osa. Se on tärkeä asia rakennusten turvallisuuden ja toimivuuden kannalta esimerkiksi

- sähköjärjestelmiä varten (sähkön syöttö) ihmisten suojaamiseksi (saavutetaan syötön turvallinen erotus ja potentiaalintasaus).
- elektronisia järjestelmiä varten (informaatiotekniikka) ja potentiaalın tasaamiseksi,
- salamasuojausta varten,
- laitteiden ylijännitesuojausta varten,
- sähkömagneettisen yhteensopivuuden vuoksi (EMC),
- antennien maadoittamiseksi.

Näitä asennuksia koskevat ihmisten suojaamisesta ja käytön turvallisuudesta säädetty vaatimukset, jotka on määritelty tarkasti eri järjestelmille.

Perustusmaadoituksen suunnitteluun ja toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska näihin sähkötekniisiin komponentteihin ei voi enää betonin kovettuttua tehdä lisäyksiä – siten laiminlyöntejä ja virheitä ei voi enää korjata. Siksi jo suunnitteluvaiheessa tarvitaan arkkitehtien, rakennusurakoitsijoiden, sähkösuunnittelijoiden ja salamasuojauksen sekä/sähköalan yritysten välisiä neuvotteluja.

### Perustusmaadoituksen toiminta

Perustusmaadoituksella saadaan rakennuksen koko käyttöiän kestävä, toimiva ja huoltovapaa maadoitusjärjestelmä. Se sijoitetaan betoniperustukseen ja peitetään vähintään 5 cm paksulla betonilla.

Näin täytetään kaksi vaatimusta:

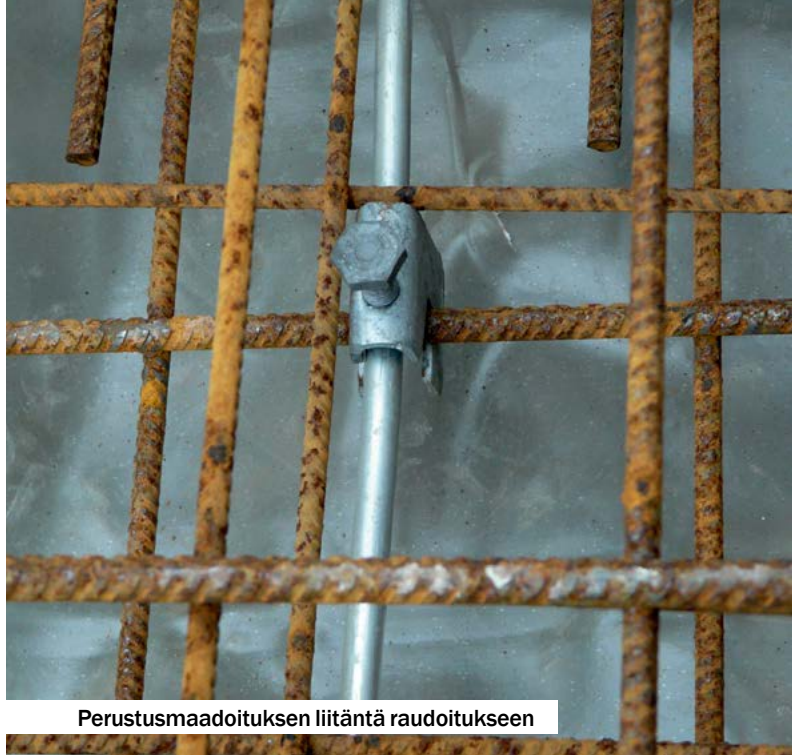
- Betoni suojaa maadoitusmateriaalia, joten odotettavissa ei ole mitään korroosiota.
- Betonin läpi perustuksen ulkopintaan ulottuva kosteus muodostaa sähköä johtavan yhteyden edellä mainittujen järjestelmien ja maan välille.

Koska kuitenkin käytetään erilaisia rakennusteknisiä ratkaisuja, voi olla että tämä sähköinen yhteys maahan, puhutaan maan johtavuudesta, ei ole enää taattu, jos on käytetty erilaista maadoitustapaa.

Ongelman ratkaisee betoniperustuksen ulkopuolelle asennettava rengasmaadoituselektrodi.



Maadoitusliittimiä



Perustusmaadoituksen liittäminen raudoitukseen

### Vaatimukset

Saksassa jokaiselle uudelle rakennukselle vaaditaan standardien DIN VDE 0100-540<sup>4)</sup>, DIN 18015-1<sup>2)</sup> ja Saksan sähköverkko-operaattoreiden teknisten liittymisehtojen (TAB) mukaan perustusmaadoituselektrodi. Perustusmaadoituselektrodin suunnittelu, toteutus ja dokumentointi on säädetty standardilla DIN 18014<sup>3)</sup>.

Standardin DIN VDE 0100-540 mukaan perustusmaadoituselektrodi on liitettävä maadoitusjohtimella päämaadoituskiskoon. Tämä liittäminen toimii sähköjärjestelmien ja -laitteiden suoja- ja toiminnallisena maadoituksena.

Jos rakennuksen järjestelmässä on salamasuojauksia, voimassa ovat standardin EN 62305-3<sup>4)</sup> vaatimukset, ja sähkömagneettisen yhteensopivuuden kannalta standardin EN 62305-4<sup>5)</sup> vaatimukset. Jos rakennuksessa on esimerkiksi laajoja informaatioteknisiä järjestelmiä, perustusmaadoituselektrodilta vaaditaan pienempi verkon silmäkoko. Tämä vastaa myös standardin DIN EN 50310<sup>6)</sup> vaatimuksia. Myös järjestelmien, esimerkiksi televiestintä- ja tietotekniikkajärjestelmien toimittajien määräykset on otettava huomioon maadoitusjärjestelmän suunnittelussa.

Rakennuksissa, joissa on keskijännitemuuntamoita on otettava lisäksi huomioon standardi DIN EN 50522<sup>7)</sup>. Suurien oikosulkuvirtojen (50 Hz) vuoksi voidaan tarvita suurempia poikkipintoja ja esittää lisävaatimuksia liittimille ja kytkennöille.

### Perustusmaadoitusjärjestelmän rakentaminen

Perustusmaadoitusjärjestelmä on olennainen osa sähköjärjestelmän turvallisuutta ja on sähköverkon osa.

Siksi sähköasennusten/salamasuojauksen ammattilaisten pitää asentaa ja dokumentoida maadoitusjärjestelmä tai se pitää asentaa heidän valvonnassaan. Johtavuuden saavat mitata ainoastaan sähköasennusten/salamasuojauksen ammattilaiset.

<sup>4)</sup> DIN VDE 0100-540: Pienjänniteverkkojen asennukset – Sähkölaitteiden, maadoitusjärjestelmän, johtimien ja potentiaalintasauksen valinta

<sup>2)</sup> DIN 18015-1: Asuinrakennusten sähköverkot

<sup>3)</sup> DIN 18014: Perustusmaadoitus – Suunnittelu, toteutus ja dokumentointi

<sup>4)</sup> EN 62305-3 (VDE 0185-305-3): Salamasuojauksien – Osa 3: Rakennusten ja ihmisten suojaaminen

<sup>5)</sup> EN 62305-4 (VDE 0185-305-4): Salamasuojauksien – Osa 4: Rakennusten sähkö- ja elektroniikkajärjestelmät

<sup>6)</sup> DIN EN 50310 (VDE 0800 osa 2-310): Maadoituksen ja potentiaalintasauksen toteuttaminen rakennuksissa, joissa on tietoverkko-kaapeleita.

<sup>7)</sup> DIN EN 50522 (VDE 0101-2): Yli 1 kV suurjännitelaitteistojen maadoitus.



Rengasmaadoituselektrodi V4A



Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin

## Perustusmaadoitusjärjestelmän rakenneosat ja toteutustavat

### Perustusmaadoituselektrodi

Maadoituselektrodi, joka muodostuu suljetusta renkaasta, joka on upotettu betoniin rakennuksen ulkoreunoja pitkin. Se liitetään sähköä johtavasti perustuksen/pohjalaatan raudoitukseen vähintään kahden metrin välein ruuvi-, puristus- tai hitsausliitoksilla. Suurempiin rakennuksiin pitää lisätä lisäjohtimet, joiden verkon silmäkoko on korkeintaan 20 m x 20 m (sivu 16, kuva 2). Näillä lisäjohtimilla saavutetaan se, että kaikki raudoitukset ja teräkset toimivat „tasomaadoittimena“, ja siten saavutetaan pienin mahdollinen maadoitusvastus. Lisäksi näillä lisäjohtimilla täytetään vaatimukset, jotka koskevat pieni-impedanssista suoja- ja toiminnallista potentiaalintasausta. Jos perustusmaadoituksessa on odotettavissa suurempi maadoitusvastus esimerkiksi käytettäessä WU-betonia esimerkiksi „valkoisen tankin“ („Weißen Wanne“) rakentamiseen, käyttämällä iskunkestäviä muovilevyjä (nappulevyjä) tai lasivaahantomursketta puhtauskerroksena, perustuksen ulkopuolelle rakennetaan rengasmaadoituselektrodi. Se hoitaa silloin perustusmaadoituselektrodin tehtävän.

### Rengasmaadoituselektrodi

Maadoituselektrodi, joka rakennetaan maaperän yhteyteen maata koskettavasti ja joka muodostaa suljetun renkaan rakennuksen ympärille. Suurempiin rakennuksiin pitää lisätä lisäjohtimet, joiden verkon silmäkoko on korkeintaan 20 m x 20 m. Jos rakennukseen suunnitellaan salamasuojausjärjestelmä, verkon silmäkoko saa olla korkeintaan 10 m x 10 m. Tätä pienettyä silmäkokoa suositellaan kaikkiin rakennuksiin sen varmistamiseksi, että niihin voidaan myöhemmin rakentaa salamasuojaus. Tämän pitää estää se, että pohjalaatan tai perustuksen

raudoituksen ja sen alla olevan rengasmaadoituselektrodin välillä ei tapahdu läpilyöntiä. Tämä voisi mahdollisesti vaikuttaa rakennuksen statiikkaan.

### Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin

Johdin, joka, kun asennetaan rengasjohdin betoniin suljetuksi renkaaksi rakennuksen ulkoreunaa pitkin, liitetään sähköä johtavasti rakennuksen raudoitukseen ainakin kahden metrin välein. Suuremmissa rakennuksissa pitää asentaa lisäksi lisäjohtimet. Verkon silmäkoko saa olla korkeintaan 20 m x 20 m. Tämä johdin mahdollistaa sähkö- ja elektroniikkajärjestelmien toiminnallisen potentiaalintasaamisen niin, että vältetään potentiaalierot ja salaman iskiessä liian korkea askel- tai kosketusjännite rakennuksen sisällä. Kytkemällä suojaava potentiaalintasaus saadaan aikaan yhdistetty potentiaalintasausverkko (CBN, common bonding network). Jotta toiminnallinen potentiaalintasausjohdin voi ottaa vastaan maapotentiaalin ja johtaa vikavirrat pois, se on liitettävä tasaisin välein rengasmaadoituselektrodiin. Rakennuksissa, joihin ei suunnitella salamasuojausjärjestelmää, maksimietäisyys on 20 m. Kun suunnitellaan salamasuojaus jokainen ukosenjohdatin on liitettävä järjestelmään.



Kytentätanko V4A



Maadoitusliitin

### Liitäntäkomponentit

Maadoituselektrodin ja toiminnallisen potentiaalintasausjohtimen hyödyntämiseksi määrättyihin kohtiin on asennettava liitäntäkomponentteja. Nämä voivat olla kytentätankoja tai maadoitusliittimiä.

Liitäntäkomponentteja asennetaan yleensä seuraaviin kohtiin:

- päämaadoituskisko
- lisäpotentiaalintasauskiskot teknisissä tiloissa,
- metalliset rakenteet kuten esimerkiksi kiskot, teräspalkit, julkisivuelementit
- EMC-suojaus, kuten esimerkiksi rakennuksen suojaus, rengaspotentiaalintasauskiskot
- kaapelikanavat tai muut yhdistyskanavat muista rakennuksista
- rakennuksen laajennukset
- liitokset rengasmaadoituselektrodiin / toiminnalliseen potentiaalintasausjohtimeen
- johtimet muista salamasuojauksista
- syöksytorvet
- muut maadoituselektrodit, esimerkiksi syvämaadoituselektrodit

Rakennuksen sisällä olevien kytentätankojen pitää olla sisääntulokohdassa 1,5 m pitkiä. Ulkona niiden pitää ylittää lattian yläreuna 1,5 metrin pituudella. Jotta kytentätankoja ei vahingossa katkaistaisi, ne pitää merkitä rakennusvaiheessa selvästi. Tämä merkintä ja myös suojaus tapaturmia vastaan voidaan toteuttaa erityisellä kytentätankojen suojakannella.

Liitäntäkomponentit pitää mitoittaa ja merkitä piirustuksiin.



Rengasmaadoituselektrodi, lattateräs, V4A



Rengasmaadoituselektrodi, pyöröteräs, V4A

## Materiaalit

Periaatteessa kaapeleiden ja liittimien materiaalit pitää valita standardien DIN EN 62561-1<sup>1)</sup> ja DIN EN 62561-2<sup>2)</sup> mukaan, jotta niitä voitaisiin myöhemmin käyttää ukkossuojajärjestelmässä.

### Perustusmaadoituselektrodi/toiminnallinen potentiaalintasausjohdin

Kun materiaali upotetaan betoniin vähintään 5 cm:n syvyydelle, mitään korroosiota ei ole odotettavissa.

Perustusmaadoituselektrodina tai toiminnallisena potentiaalintasausjohtimena voidaan käyttää seuraavia materiaaleja:

- pyöröteräs, jonka halkaisija on vähintään 10 mm, tai
- lattateräs, jonka koko on vähintään 30 mm x 3,5 mm

Teräs voi olla sinkittyä tai paljasta terästä. Rakennuksissa, joissa on keskijännitemuuntamoita, perustusmaadoituksen poikkipinta pitää ehkä olla suurempi (oikosulkuvirrat 50 Hz, katso sivulta 21).

Erikoistarkoituksiin voidaan käyttää ruostumatonta terästä, esimerkiksi V4A, materiaalinumero 1.4571/1.4404 tai vastaava, tai kuparia, joiden mitat ovat vähintään edellä mainitut (Suomessa 16 mm<sup>2</sup> kupari). Näitä materiaaleja käytettäessä on otettava huomioon myös rakenneteräksen sähkökemiallinen korrosio. Kokemus kuitenkin osoittaa, että betoniin ilmatiiviisti upotetussa materiaalissa ja kun betonin pH-arvo on korkea mitään mainittavaa korroosiota ei synny.

### Rengasmaadoituselektrodi

Rengasmaadoituselektrodi upotetaan maahan, joten siihen kohdistuu suuri korrosiovaikutus. Siksi käytetään pääasiassa ruostumatonta terästä jonka molybdeenipitoisuus on > 2 %, esimerkiksi V4A, materiaalinumero 1.4571/1.4404, tai myös kuparia. Kuumasinkityt materiaalit eivät ole sallittuja.

Mitat ovat:

- pyöröteräs, jonka halkaisija on vähintään 10 mm
- lattateräs, jonka koko on vähintään 30 mm x 3,5 mm
- kuparijohdin (paljas tai galvanoitu), monilankainen, poikkipinta-ala vähintään 16 mm<sup>2</sup> (Saksassa 50 mm<sup>2</sup>).

Rakennuksissa, joissa on keskijännitemuuntamoita, rengasmaadoituselektrodin poikkipinta pitää ehkä olla suurempi (oikosulkuvirrat 50 Hz). Tähän tarkoitukseen sopivat varsinkin kuparimateriaalit niiden suuremman virtakestoisuuden vuoksi.



Ristiliitin



Maadoitusliitin

#### Liitännäosat ja liittimet

Rakennuksessa ja sen ulkopuolella oleviin liitännäosiin kohdistuu suuri korroosiovaikutus. Siksi kuumasinkityt materiaalit ilman lisäpinnoitusta eivät ole enää sallittuja.

Sopivia liitännäosia on esimerkiksi

- maadoitusliittimet
- ruustumaton teräs, esimerkiksi V4A, materiaalinumero 1.4571/1.4404 halkaisijaltaan 10 mm pyöröteräs tai lattateräs, jonka mitat ovat vähintään 30 mm x 3,5 mm
- sinkitty ja muovivaipalla suojattu pyöröteräs, jonka halkaisija on 10 mm
- kuparikaapeli NYY, jonka poikkipinta-ala on vähintään 16 mm<sup>2</sup> (Saksassa 50 mm<sup>2</sup>)
- kuparijohdin (paljas tai galvanoitu), monilankainen, poikkipinta-ala vähintään 16 mm<sup>2</sup> (Saksassa 50 mm<sup>2</sup>)

Betonirakenteisiin sopiva perustusmaadoituksen ulosottoliitin on ruustumattomasta teräksestä V4A valmistettu liitin. Seinän pinnan tasalle asennettuna saadaan aikaan rakennuksen koko käyttöikäsi varma liitäntä perustusmaadoitukseen. Seinäläpivienneissä käytetään erityisiä painevedellä koestettuja rakenteita.

Käytettäessä kytkentätankoina muovivaippaista sinkittyä pyöröterästä on oltava erityisen varovainen, koska muovimateriaali voi mennä rikki. Tämä koskee varsinkin alhaisia

lämpötiloja ja mahdollista mekaanista rasitusta perustuskuoppaa täytettäessä ja tiivistettäessä.

Siksi kytkentätangoiksi sopii parhaiten V4A-laatusista ruustumattomista teräksistä valmistetut pyörö- ja lattateräkset.

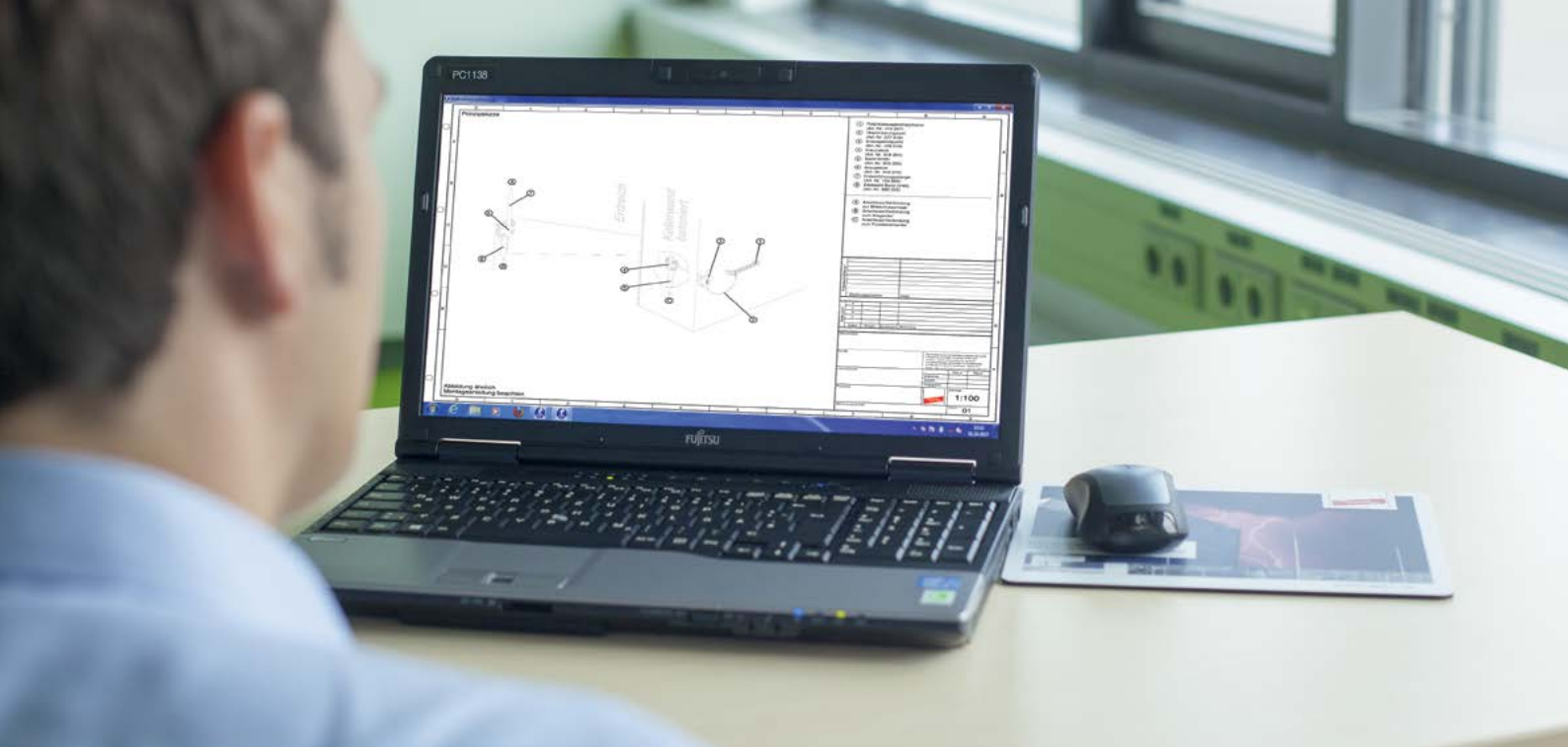
Liitännät voidaan tehdä ruuvi-, puristus- tai hitsausliitoksina. Kätevyytensä vuoksi suositetaan varsinkin ruuviliitoksia. Nämä liitokset tehdään standardin DIN EN 62561-1<sup>1)</sup> mukaisesti salamavirtoja kestäviksi. Tällaiset liittimet on merkitty symbolilla „Geprüft“ Dehnin salamasuojaus/maadoitusluettelossa. Kiihättävien liittimien käyttö ei ole sallittu, kun betoni tiivistetään koneellisesti.

Mikäli liitokset joutuvat maaperään, ne on suojattava lisäksi korroosiolta suojaavalla nauhalla. Sillä varmistetaan turvallinen liitos.

Käytettäessä maadoitusliittimiä yli 1 kV verkoissa on otettava huomioon niitä koskevat oikosulkuvirtavaatimukset (50 Hz).

Hitsaamalla saadaan hyvin luotettavat liitokset. Jokainen liitos vaatii kuitenkin vastaavan rakennusinsinöörin suostumuksen ja asentajalta erityisen pätevyyden. Hitsisauman pituuden pitää olla vähintään 50 mm.

<sup>1)</sup> DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1): Blitzschutzsystembauteile, Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile



## Suunnittelu ja toteutus

Perustusmaadoitusta suunniteltaessa on ensin tarkistettava, onko olemassa tarvittava perustusmaadoituselektrodin maakosketus. Koska tämä on vaikea selvittää suunnitteluvaiheessa, standardin DIN 18014 kohdassa 5.7.1<sup>1)</sup> esitetään seuraavat asiat, jotka antavat aiheen odottaa, että maadoitusvastus on kohonnut, joten tarvittavaa maakosketusta ei synny.

- standardien DIN EN 206<sup>2)</sup> ja DIN 1045-2<sup>3)</sup> mukainen vettä läpäisemätön betoni („weiße Wanne“, „valkoinen tankki“)
- bitumitiivistykset („schwarze Wanne“, „musta tankki“), esimerkiksi bituminauhat, tiivistys muovimodifioidulla bitumilla
- iskunkestävät muovilevyt („nappulevyt“)
- lämmöneristys (ulkopuolinen eristys) perustuksen alla ja sivuilla
- lisätyt kapillaari-ilmion katkaisevat, huonosti sähköä johtavat pohjakerrokset, esimerkiksi kierrätysmateriaalista tehdyt

### Mallilomake

Sivulla 9 on arkkitehdeille tai rakennusyrityksille tarkoitettu kysymysmuotoinen mallilomake.

Kysymyksiin vastaamalla voidaan selvittää, voidaanko perustusmaadoituselektrodi tai rengasmaadoituselektrodi liittää toiminnalliseen potentiaalintasausjohtimeen. Nämä kysymykset pitää selvittää perusteellisesti ennen suunnittelua ja dokumentoida kirjallisesti.

Lisäksi suunnittelussa voidaan käyttää apuna sivulla 15 olevaa vuokaaviota.

<sup>1)</sup> DIN 18014: Fundamentender – Planung, Ausführung und Dokumentation

<sup>2)</sup> DIN EN 206: Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

<sup>3)</sup> DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zur DIN EN 206



# Mallilomake

Arvoisa vastaanottaja \_\_\_\_\_

sydämelliset kiitokset siitä, että voimme osallistua standardin DIN 18014:2014-03 mukaisen perustusmaadoitusjärjestelmän suunnitteluun/toteutukseen rakennusprojektissa \_\_\_\_\_  
nimi / paikka

Jotta voisimme suorittaa asian- ja normienmukaisen suunnittelun/toteutuksen, pyydämme vastaamaan kirjallisesti seuraaviin kysymyksiin ja lähettämään vastaukset tänne: \_\_\_\_\_

Minkä tyyppisestä perustuksesta on kysymys?

- Perustuslaatta
- Yhtenäinen antura
- Erilliset perustukset
- Suljettu tankki
- \_\_\_\_\_

Mitä materiaalia perustuksessa käytetään?

- Betoni ilman erityisiä lisäaineita
- WU-betoni (vettä läpäisemätön betoni)
- \_\_\_\_\_

Mitä materiaalia perustuksen ulkopuolelle laitetaan?

- Bitumitiiviste („musta tankki“)
- Iskunkestävät muovilevyt puhtauskerroksena
- Ulkopuolinen lämmöneristys perustuksen alla ja sivuilla (koko ulkokehän eristys)
- Kapillaari-ilmiön katkaisevat, huonosti sähköä johtavat pohjakerrokset kierrätysmateriaalista (esim. vaahtolasimurske, kierrätysrakeet)
- \_\_\_\_\_

Kysymyksiin vastasi:

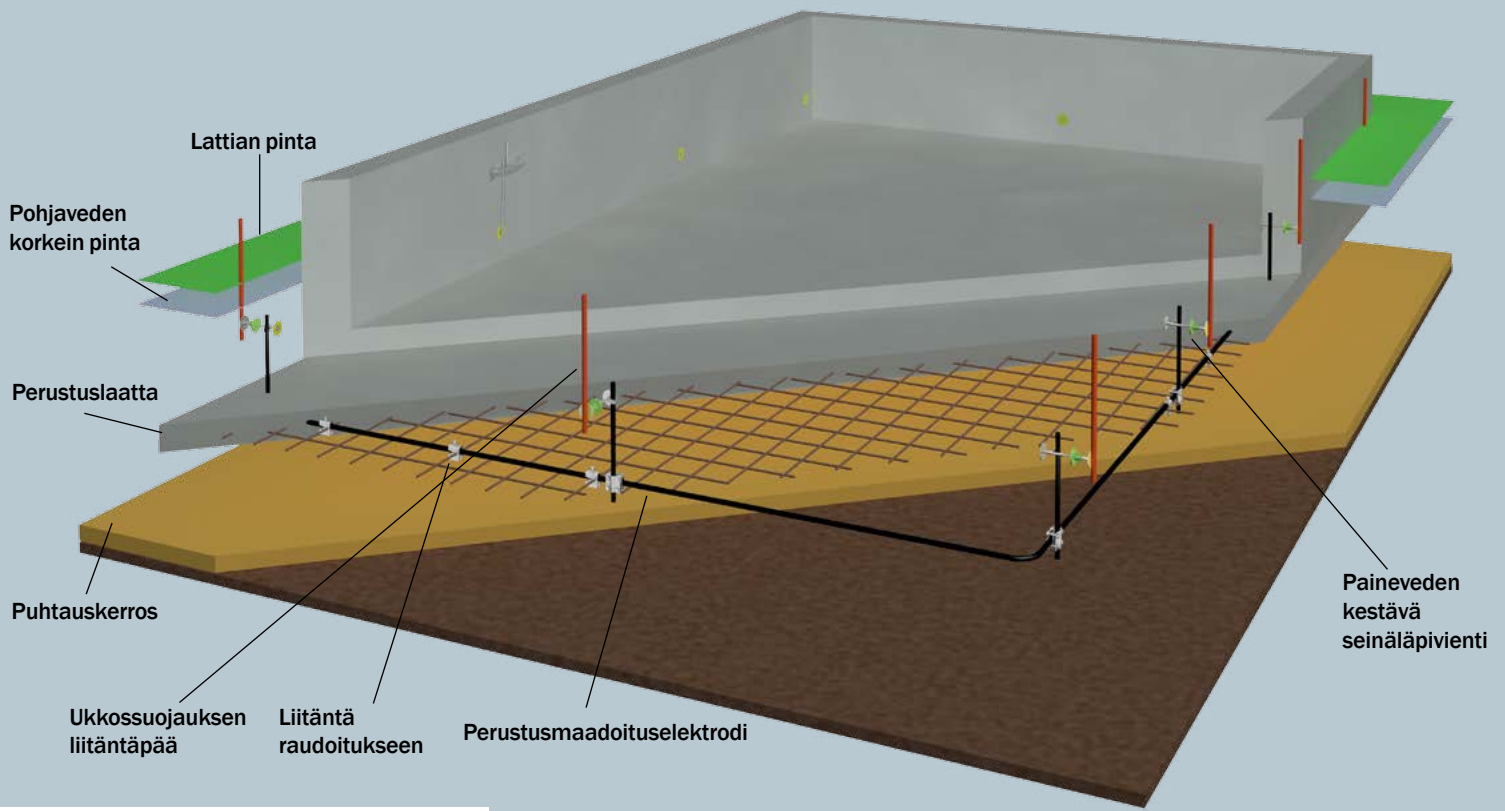
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Antamienne tietojen perusteella pystymme suorittamaan suunnittelun/toteutuksen standardin DIN 18014:2014-3 mukaisesti.

Mallilomake arkkitehdeille/rakennusurakoitsijoille perustusmaadoituksen suunnittelemiseksi standardin DIN 18014<sup>1)</sup> mukaisesti



Perustusmaadoitus tavallisessa betonissa

## Käytännön esimerkkejä erilaisista perustustyypeistä

### Raudoitettut perustukset/pohjalaatat

Perustusmaadoituselektrodi sijoitetaan suljettuna renkaana pohjalaatan ulkoreunoille ja liitetään rauditukseen vähintään kahden metrin välein sähköä johtavasti ruuvi-, puristus- tai hitsausliitoksilla. Suurempiin rakennuksiin pitää lisätä lisäjohtimet, joiden verkon silmäkoko on korkeintaan 20 m x 20 m (sivu 16, kuva 2).

Rivitaloissa perustusmaadoitus toteutetaan jokaista huoneistoa varten olevilla erillisillä renkailla. Huoneistojen rajat on otettava huomioon (sivu 16, kuva 3).

Perustusmaadoituselektrodi ei saa ylittää liikuntasauvoja. Näissä kohdissa se voidaan tuoda seinän pinnalle ja esimerkiksi betoniseinillä liittää vähintään 16 mm<sup>2</sup> (Saksassa 50 mm<sup>2</sup>) maadoitusliittimillä ja joustavilla punoksilla. Kun pohjalaatta on suurempi, on järjestettävä myös lisäjohtimet, jotka muodostavat perustusmaadoitusjohtimista verkon. Tällöin johtimen vetäminen ulos ei ole yleensä mahdollista. Näissä tapauksissa voidaan yhdistys tehdä polystyreeniblockissa olevilla joustavilla liitoksilla.

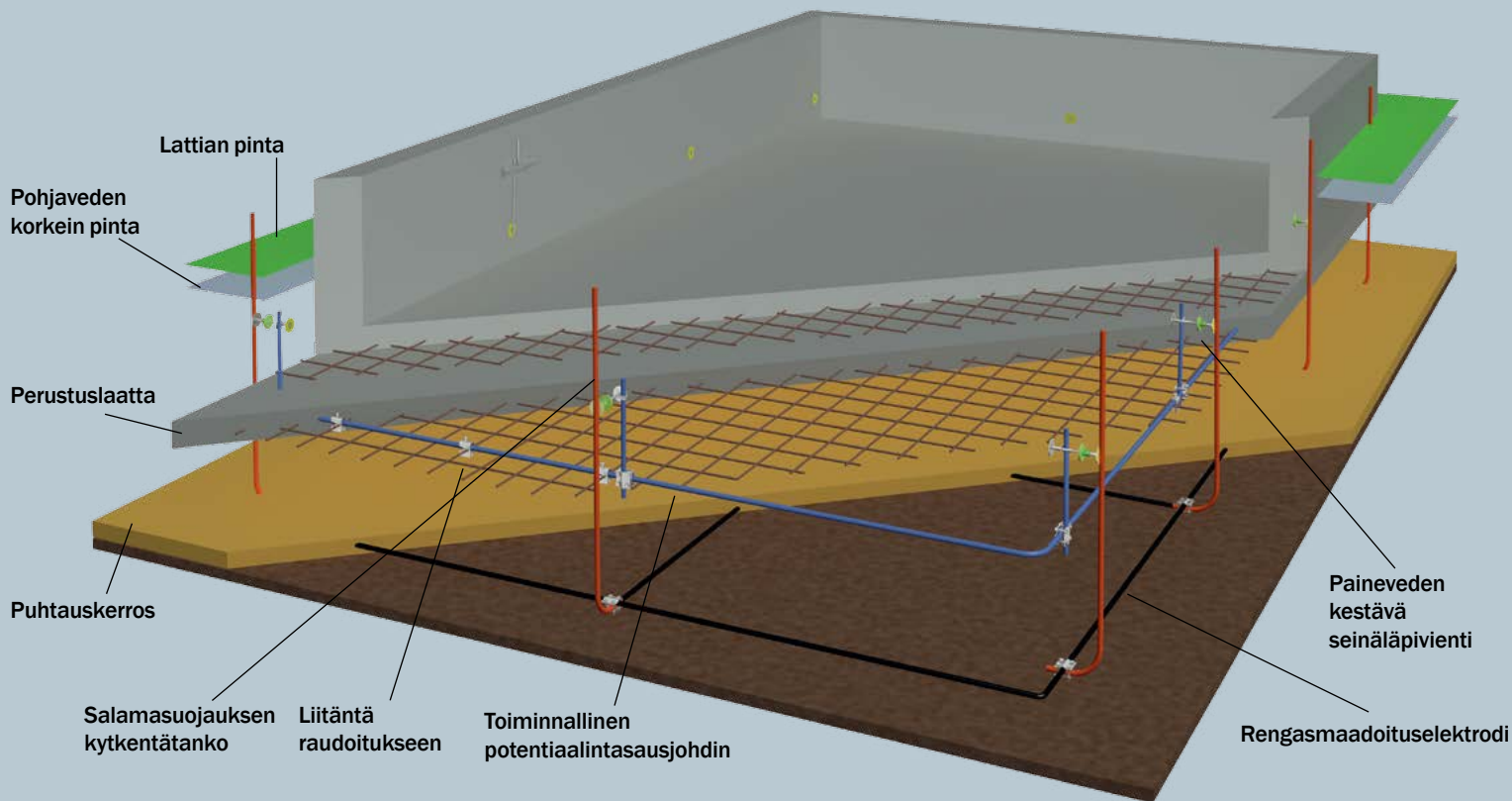
### Lattateräksen asennusohjeita

Jotta lattateräksen ympärillä olisi joka puolella vähintään 5 cm betonia, materiaali pitää asettaa betoniin pystyasentoon. Jos näin ei tehdä, lattaraudan sijainti voi betonia valettaessa muuttua. Silloin riittävään upotukseen ei ehkä päästä, tai voi muodostua ilmakuplia.

Jos betoni tiivistetään koneellisesti täryttimellä, riittävä upotus on varmaa myös kuin lattateräs asennetaan vaakasentoon. Silloin lattaterästä ei tarvitse välttämättä asentaa pystyasentoon.

### Muovikelmut pohjalaatan alla

Usein erotuskerrokseksi asetetaan noin 0,3 mm:n paksuiset polyeteenikelmut. Nämä kelmut tulevat vain vähän päällekkäin, eivätkä ne eristä vettä. Niillä on yleensä vähän vaikutusta maadoitusvastukseen, joten ne voidaan jättää huomiotta.



Rengasmaadoituselektrodi ja toiminnallinen potentiaalintasausjohdin

#### Perustukset, joissa maadoitusvastus on kohonnut

On asennettava rengasmaadoituselektrodi. Jos pohjalaatta tai suljettu tankki on raudoitettu teräksillä, on asennettava lisäksi toiminnallinen potentiaalintasausjohdin.

#### Rengasmaadoituselektrodi

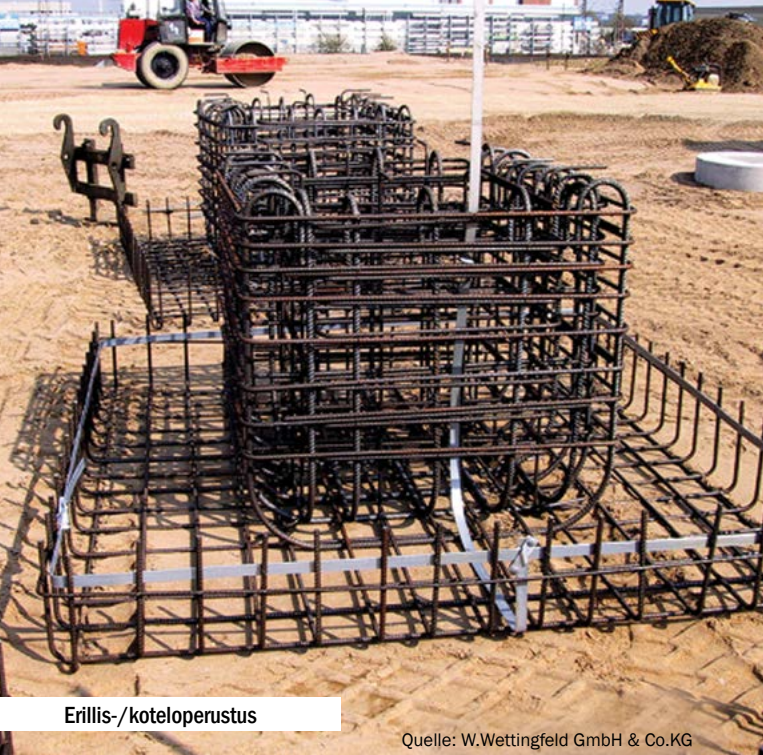
Rengasmaadoituselektrodi on asennettava perustuskuopan työalueelle tai perustuksen alle niin, että sen maakosketus on hyvä. Silmäkoko saa olla korkeintaan 20 m x 20 m. Jos suunnitellaan salamasuojausjärjestelmä, verkon silmäkoko saa olla korkeintaan 10 m x 10 m. Tätä pienennettyä silmäkokoja suositellaan kaikkiin rakennuksiin sen varmistamiseksi, että niihin voidaan myöhemmin rakentaa salamasuojaus. Jos rakennuksen käyttöön liittyy erityisvaatimuksia, voidaan käyttää myös pienempää silmäkokoja. Jos rakennukseen halutaan standardin DIN EN 62305-4<sup>1)</sup> mukainen salamasuojaus, silmäkooksi vaaditaan korkeintaan 5 m x 5 m.

Jos rengasmaadoituselektrodi asennetaan lähemmäksi pintaa, on huomioitava myös samana pysyvä maadoitusvastus. Siksi elektrodi on asennettava routarajan alapuolelle, Saksassa vähintään 0,8 metrin syvyyteen. On varmistettava maaperän hyvä läpikosteus.

#### Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin

Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin sijoitetaan betoniin suljetuksi renkaaksi rakennuksen ulkoreunaa pitkin, liitetään sähköä johtavasti rakennuksen raudoitukseen vähintään kahden metrin välein. Suurempiin rakennuksiin pitää lisätä poikittaisjohtimet, joiden verkon silmäkoko on korkeintaan 20 m x 20 m. Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin pitää liittää rengasmaadoituselektrodiin säännöllisin välein. Kun rakennukseen ei suunnitella salamasuojausta, liitäntäväljen etäisyydet saavat olla korkeintaan 20 m, mieluiten aloittaen rakennuksen nurkista. Kun rakennukseen suunnitellaan salamasuojaus, liitäntä pitää tehdä ainakin 10 metrin välein. Näiden liitäntöjen tekemiseksi rakennukseen pitää tehdä läpiviennit. Veden tunkeutumisen estämiseksi on asennettava paineveden kestävät seinäläpiviennit maadoitusliittimille tai kytkentätangoilla testatut tiivisteet. Erityiset seinäläpiviennit voidaan asentaa myös jälkeinpäin poraamalla.

<sup>1)</sup> DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4): Schutzmaßnahmen zur Verringerung des Risikos von Ausfällen elektrischer und elektronischer Einrichtungen durch LEMP



Erillis-/koteloperustus

Quelle: W.Wettingfeld GmbH & Co.KG



Teräskuitubetoni

## Käytännön esimerkkejä erilaisista perustustyypeistä

### Erilliset perustukset/yhtenäiset perustukset

Jokainen yksittäinen/yhtenäinen perustus on varustettava vähintään 2,5 m pitkällä perustusmaadoituselektrodilla, joka liitetään raudoitukseen useista kohdista sähköä johtavasti. Yksittäisten/yhtenäisten perustusten potentiaalintasauksen varmistamiseksi elektrodi on liitettävä johtimella, joka vastaa rengasmaadoituselektrodin vaatimuksia. Liitäntäjohdin voidaan asentaa maakosketukseen. Koska kuitenkin on kysymys potentiaalintasausjohtimesta, se voidaan myös eristää maasta.

Kuitenkin jos on odotettavissa kohonnut maadoitusvastus, on asennettava verkotettu rengasmaadoituselektrodi. Yksittäiseen/yhtenäiseen perustukseen voidaan siten suunnitella toiminnallinen potentiaalintasausjohdin, joka liitetään vähintään yhdestä kohdasta rengasmaadoituselektrodiin.

### Raudoittamattomat perustukset

Raudoittamattomissa perustuksissa perustusmaadoituselektrodi asennetaan kannattimille, jotka varmistavat, että vähintään 5 cm betonia peittää ne joka puolelta. On varmistettava, että silmäkoko on korkeintaan sallitun suuruinen. Lattamateriaaleja käytettäessä on noudatettava edellä annettuja asennusohjeita.

### Teräskuitubetoniperustukset

Jos betoni raudoitetaan teräskuiduilla, on otettava huomioon teräslankojen sähkönjohtokyky. Näiden perustuksien katsotaan olevan raudoittamattomien perustusten kaltaisia. Teräskuitubetoniperustuksia käytetään tavallisesti suurissa teollisuuskohteissa. Teräskuitubetoni toimitetaan enimmäkseen irtotavarana autosekoittimilla. Näissä tapauksissa kuvatusen kaltaisen perustusmaadoituselektrodin asentaminen ei ole käytännöllistä. Siksi suosittelemme puhtauskerroksen alapuolisen rengasmaadoituselektrodin asentamista. Se pitää liittää useista kohdista liittimillä rakennuksen potentiaalintasaukseen.

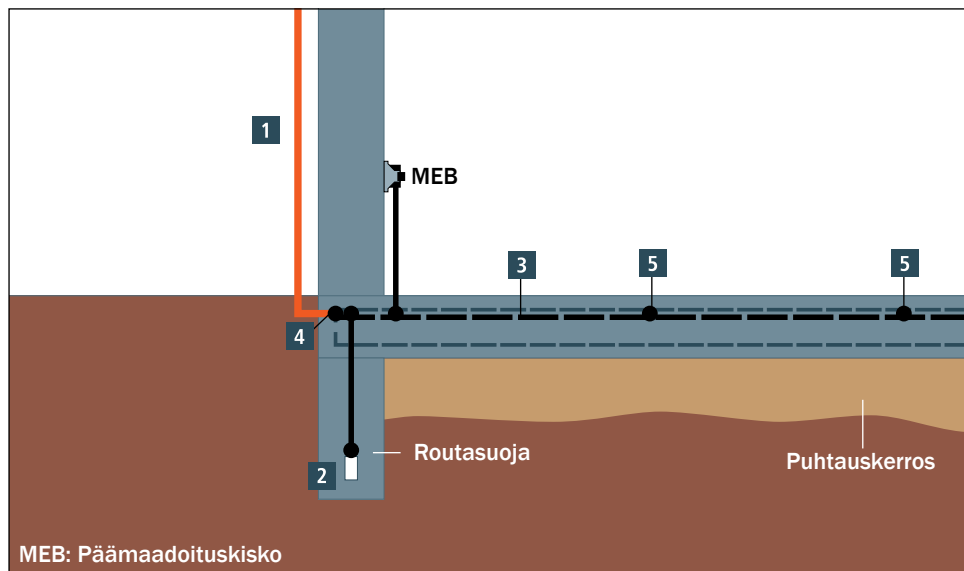


Rengasmaadoituselektrodi kannattimilla

#### Raudoitettu pohjalaatta ja raudoittamaton routasuoja

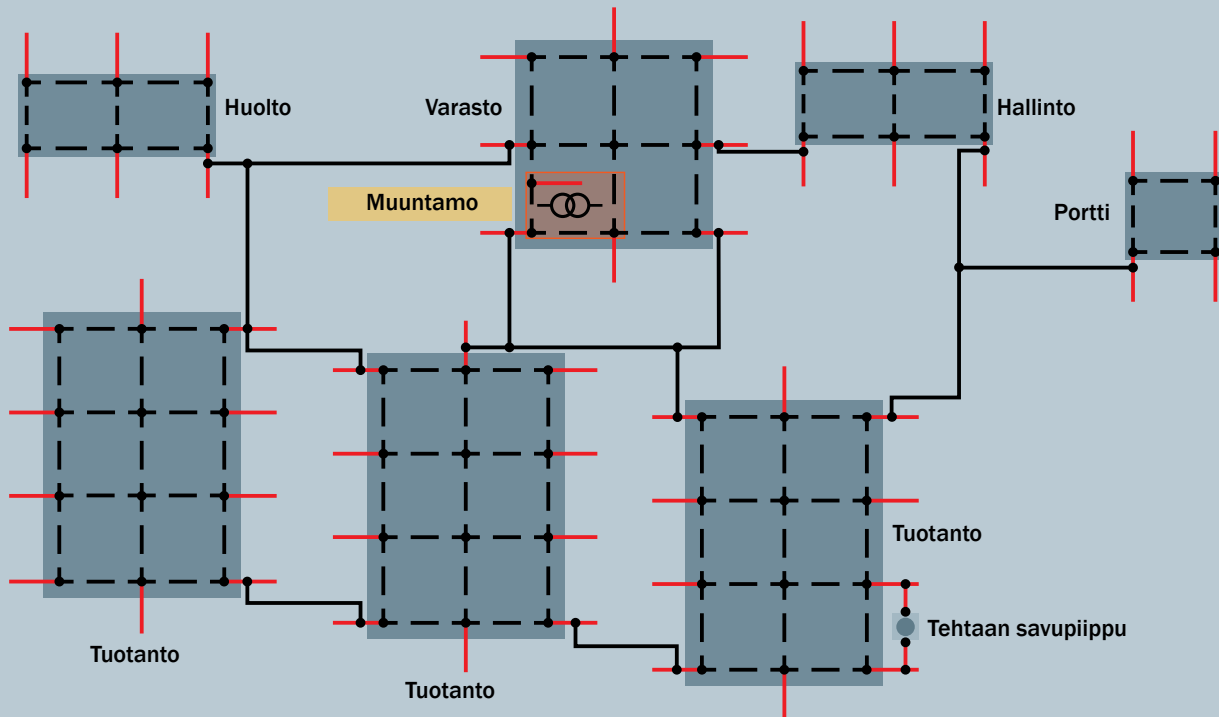
Mikäli raudoitettuun pohjalaattaan lisätään raudoittamaton routasuoja, perustusmaadoituselektrodi voidaan rakentaa routasuojaan niin, että vähintään 5 cm betonia peittää sen. Potentiaalintasausvaatimusten täyttämiseksi on lisättävä toiminnallinen potentiaalintasausjohdin.

Perustusmaadoituselektrodin rakentamisen ja liitäntöjen osalta noudatetaan rengasmaadoituselektrodille annettuja ohjeita.



- 1 Salamasuojauksen alastulojohtimen kytkentätanko
- 2 Perustusmaadoituselektrodi
- 3 Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin Verkon silmäkoko 20 x 20 m
- 4 SV-liitin
- 5 Johdinliitin Liitäntä 2 metrin välein

Kuva 1: Raudoitettu pohjalaatta ja raudoittamaton routasuoja



## Teollisuuskohteiden maadoitusverkko

Jos kyseessä on suurempi, useita rakennuksia sisältävä kompleksi ja niiden välillä on sähkö- ja elektronikkakaapelointi, maadoitusvastusta voidaan pienentää kytkemällä erilliset maadoitusjärjestelmät yhteen.

Se vähentää myös merkittävästi rakennusten välisiä potentiaalieroja. Se pienentää merkittävästi sähkökaapeleiden ja IT-kaapeleiden jänniterasitusta.

Rakennusten yksittäiset maadoitusjärjestelmät on liitettävä yhteen niin että muodostuu verkko. Maadoitusverkko on liitettävä yhteen maadoitusjärjestelmän kanssa samassa pisteessä kuin salamasuojauksen alastulojohtimet.

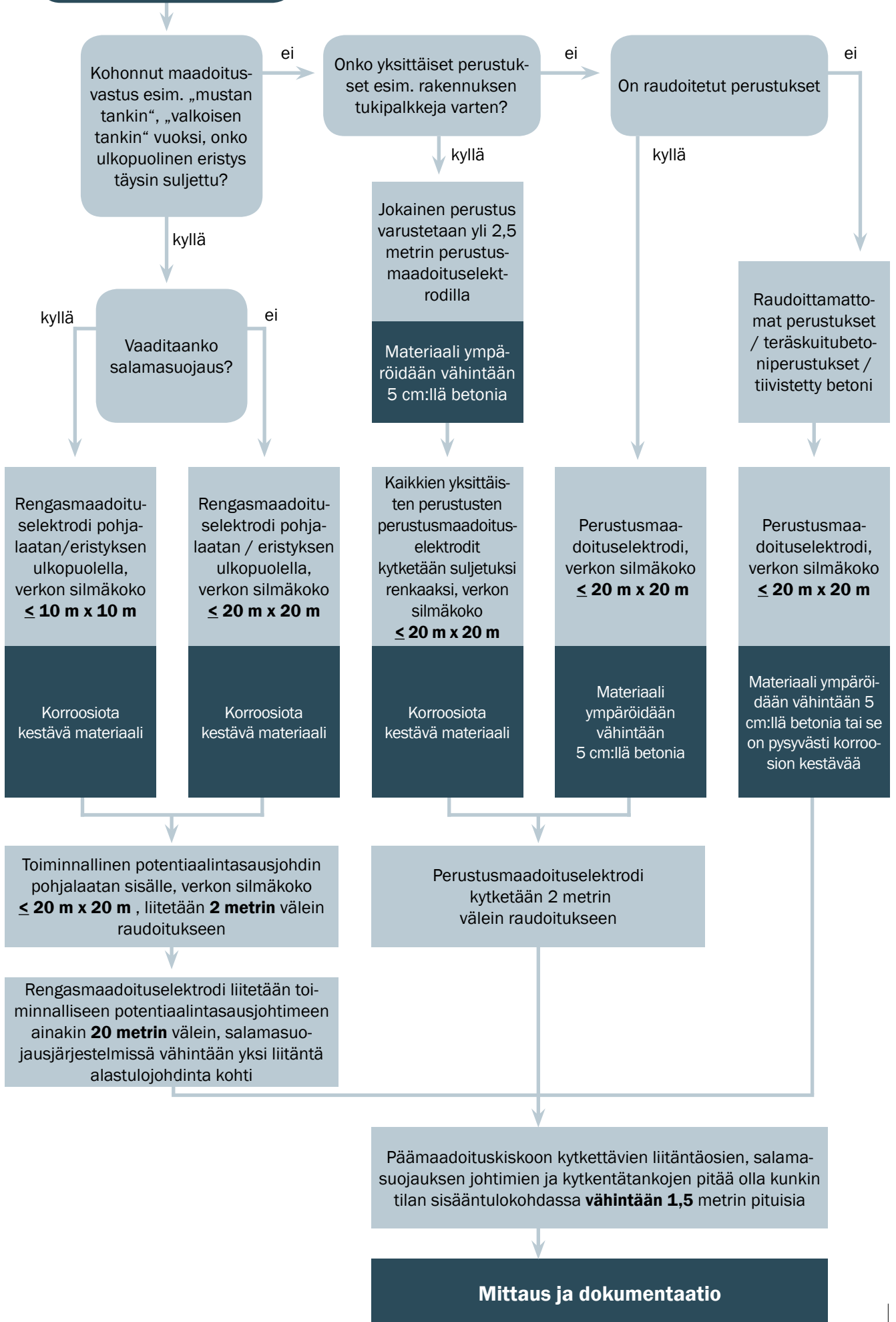
Rakennusten väliset potentiaalit ovat salamaniskun tapahtuessa sitä pienemmät, mitä tiheämmäksi maadoi-

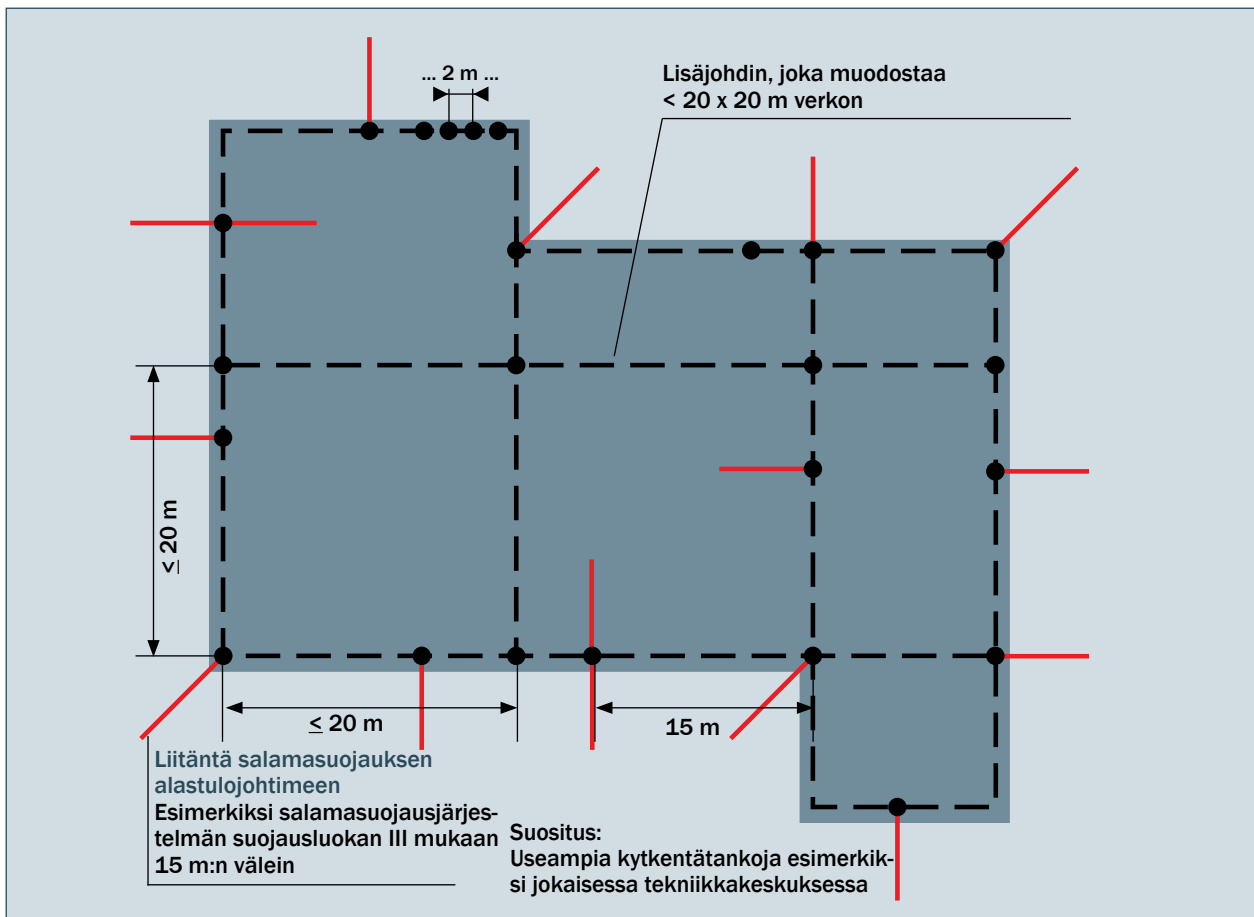
tusverkko rakennetaan. Tämä riippuu rakennuskompleksin kokonaispinta-alasta. Taloudellisimmiksi ovat osoittautuneet verkkotiheydet 20 m x 20 m ... 40 m x 40 m.

Jos paikalla (ensisijaisissa salamaniskupaikoissa) on esimerkiksi korkeita ilmastointikanavia, liitännät tämän rakennelman ympärillä pitää asentaa lähemmäksi toisiaan ja mahdollisuuksien mukaan tähden muotoisiksi rengasmaisilla yhdistyksillä (potentiaaliohjaus). Maadoitusverkon johtimien materiaalia valittaessa on otettava huomioon korrosio. Siksi on suositeltavaa käyttää betonissa (esimerkiksi liitäntä-johdoissa) sinkittyä terästä ja maan alueella ruostumattomia teräksiä kuten V4A, materiaalinumero 1.4571/1.4404.

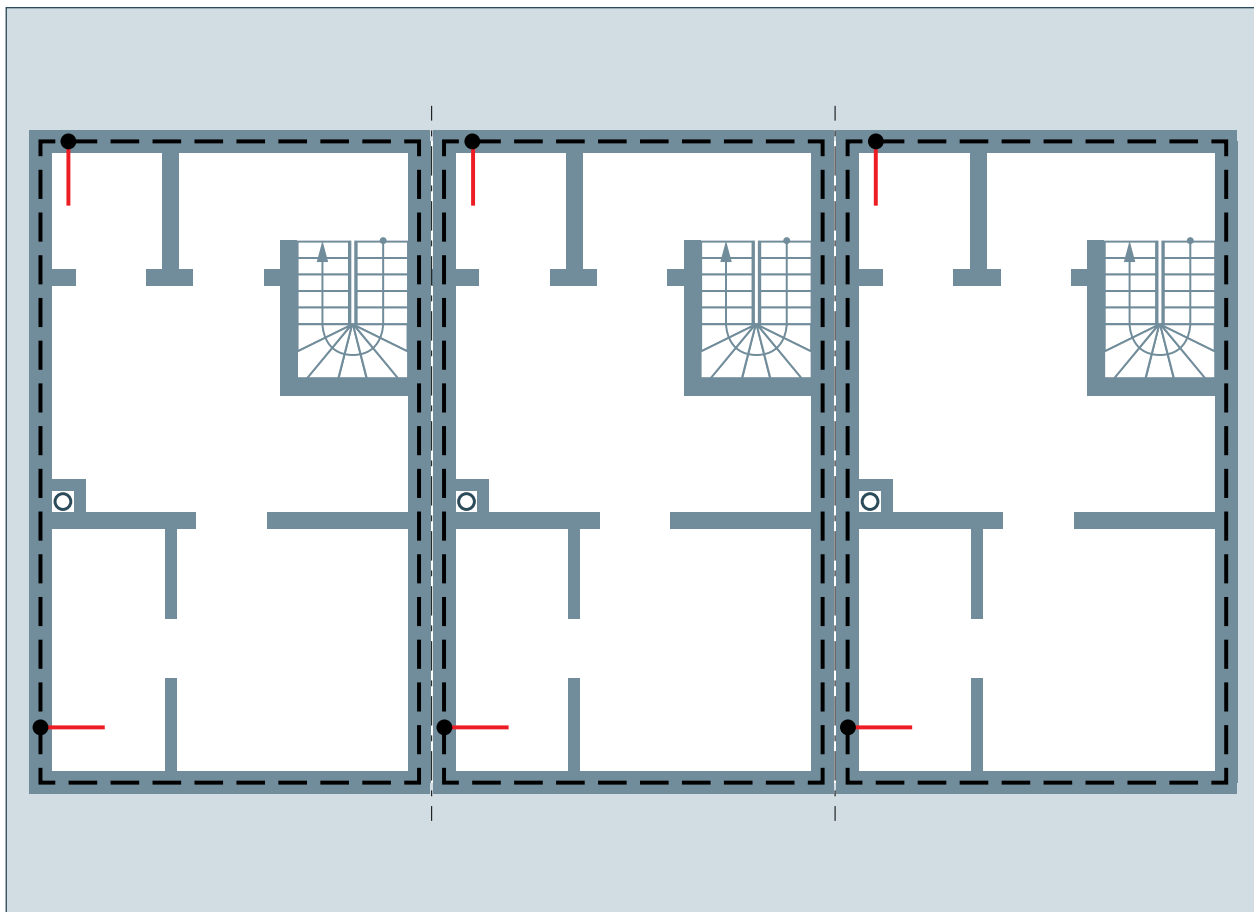
## Suunnittelun aloitus

## Vuokaavio



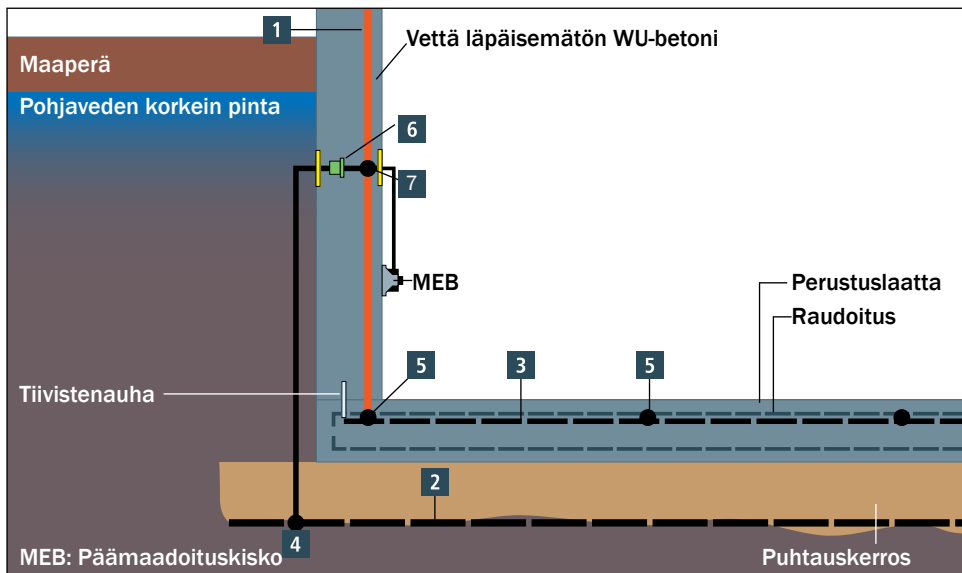


Kuva 2: Suuremmassa rakennuksessa verkon muotoinen perustusmaadoituselektrodi



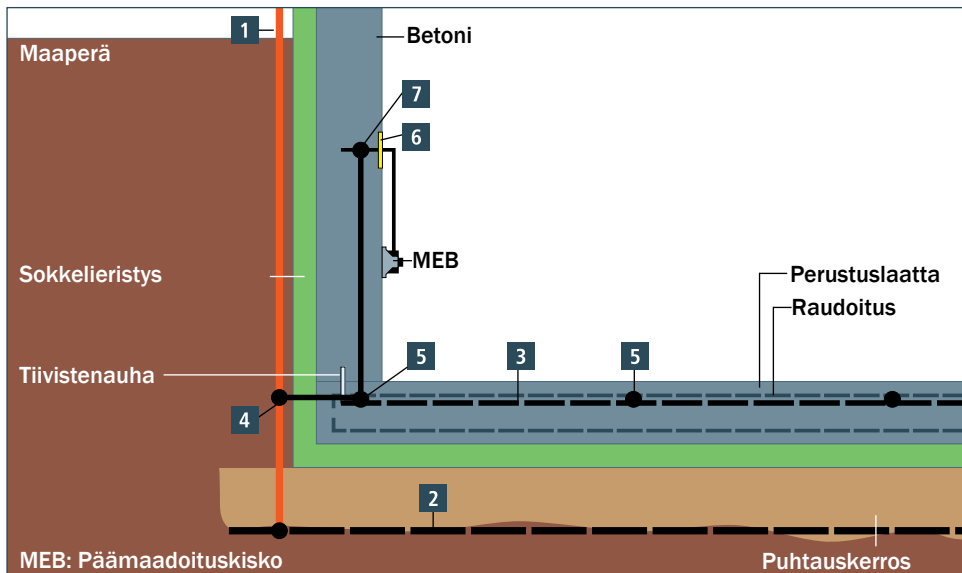
Kuva 3: Perustusmaadoituselektrodi rivitaloissa





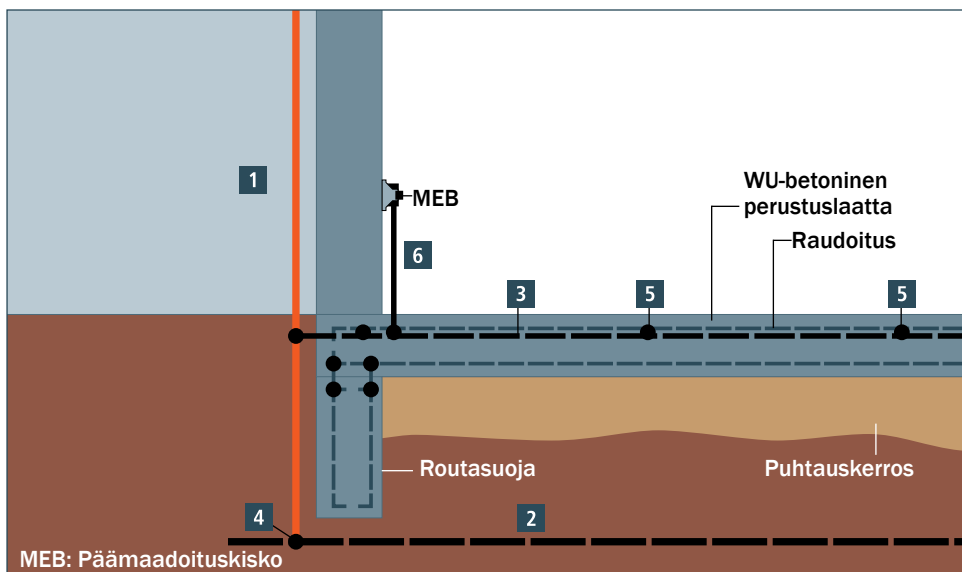
Kuva 4: Standardin 18014 mukaisen WU-betonista valmistetun „valkoisen säiliön“ toteutuskesimerkki

- 1 Salamasuojauksen alastulojohtimen kytkentätanko
- 2 Korroosionkestävä rengasmaadoituselektrodi Verkon silmäkoko 10 x 10 m
- 3 Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin Verkon silmäkoko 20 x 20 m
- 4 Ristiliitin
- 5 Johdinliitin Liitäntä 2 metrin välein
- 6 Seinäläpivienni, painevesitiivis
- 7 MV-liitin



Kuva 5: Esimerkki standardin DIN 18014 mukaisesta toteutuksesta, kun koko sokkeli on lämpöeristetty

- 1 Salamasuojauksen alastulojohtimen kytkentätanko
- 2 Korroosionkestävä rengasmaadoituselektrodi Verkon silmäkoko 10 x 10 m
- 3 Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin Verkon silmäkoko 20 x 20 m
- 4 SV-liitin
- 5 Johdinliitin Liitäntä 2 metrin välein
- 6 Maadoitusliitin
- 7 MV-liitin



Kuva 6: Toteutuskesimerkki, kun on raudoitettu pohjalaatta ja WU-betoninen yhtenäinen raudoitettu perustus

- 1 Salamasuojauksen alastulojohtimen kytkentätanko
- 2 Korroosionkestävä rengasmaadoituselektrodi Verkon silmäkoko 10 x 10 m
- 3 Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin Verkon silmäkoko 20 x 20 m
- 4 SV-liitin
- 5 Johdinliitin Liitäntä 2 metrin välein
- 6 Kytkentätanko



## Dokumentaatio ja mittaus

Perustusmaadoitusjärjestelmän asennuksen jälkeen ja ennen betonin valamista sähkö-/salamasuojasammattilaisen pitää laatia dokumentaatio ja suorittaa johtavuuden mittaus.

### Dokumentaatio

Dokumentaation pitää kattaa seuraavat asiat:

- Perustusmaadoitusjärjestelmän toteutussuunnitelmat
- Koko järjestelmää esittävät valokuvat, joista sen voi tunnistaa yksiselitteisesti
- Tarkat kuvat tärkeimmistä liitännöistä, esimerkiksi kytkentä päämaadoituskiskoon, salamasuojasjärjestelmän kytkennät
- Johtavuusmittauksen tulokset

### Mittaus

Suoritetaan liitännösten välinen johtavuusmittaus, ja vastus ei saa olla suurempi kuin 0,2 ohmia. Vastus mitataan 0,2 ampeerin mittausvirralla. Tässä voidaan käyttää sähköasennuksen mittauksessa käytettyjä mittalaitteita.

Dokumentaatio voidaan esittää lomakkeella, jota täydennetään tarvittavilla liitteillä.

Sivuilla 19 ja 20 on esimerkkejä lomakkeista. Lomakkeen voi ladata editoitavana PDF-tiedostona osoitteesta [www.dehn.de](http://www.dehn.de).

## Standardin DIN 18014:2014-03 mukaisen maadoitusjärjestelmän dokumentointi ja johtavuusmittaus



Laatija \_\_\_\_\_ Pvm \_\_\_\_\_ Raportti nro \_\_\_\_\_

<b>Rakennuksen omistaja</b>	Nimi: _____ Katuosoite: _____ Postinumero ja postitoimipaikka: _____
<b>Rakennuksen omistaja</b>	Sijaintipaikka: _____ Käyttötarkoitus: _____ Rakennustapa: _____ Perustuksen tyyppi: _____ Rakennusurakoitsija: _____ Rakennusvuosi: _____
<b>Maadoitusjärjestelmän suunnittelija</b>	Nimi: _____ Katuosoite: _____ Postinumero ja postitoimipaikka: _____
<b>Maadoitusjärjestelmän toteuttaja</b>	<input type="checkbox"/> Sähköurakoitsija <input type="checkbox"/> Salamasuojausurakoitsija <input type="checkbox"/> Rakennusurakoitsijat, joissa on sähköasennuksia/salamasuojausta valvovat ammattilaiset Yritys: _____ Nimi: _____ Katuosoite: _____ Postinumero ja postitoimipaikka: _____
<b>Maadoitusjärjestelmän käyttö</b>	<input type="checkbox"/> Sähköturvallisuuden varmistava suojamaadoitus Toiminnallinen maadoitus <input type="checkbox"/> salamasuojausjärjestelmää <input type="checkbox"/> antennijärjestelmää varten <input type="checkbox"/> _____ Asetetaanko maadoitusjärjestelmälle muita vaatimuksia, esim. yli 1 kV:n järjestelmät (DIN VDE 0101-2/0141)
<b>Maadoitusjärjestelmän / yhdistetyn potentiaalintasausjärjestelmän toteutus</b>	Maadoitusjärjestelmän tyyppi: <input type="checkbox"/> Perustusmaadoituselektrodi <input type="checkbox"/> Rengasmaadoituselektrodi toiminnallisella potentiaalintasausjohtimella Perustusmaadoituselektrodin materiaali / Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin. <input type="checkbox"/> Paljas teräs <input type="checkbox"/> Sinkitty teräs Rengasmaadoituselektrodin materiaali: <input type="checkbox"/> Ruostumaton teräs (V4A) <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> Pyöreä materiaali <input type="checkbox"/> Lattamateriaali <input type="checkbox"/> _____ Standardin DIN EN 62561-2 (VDE 0185-561-2) mukaan Mitoitukset: _____ Standardin DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1) vaatimukset täyttävät liittimet <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei Liittimet sisällä: <input type="checkbox"/> Ruostumaton teräs (V4A) <input type="checkbox"/> Maadoitusliitin <input type="checkbox"/> St/tZn muovivaipalla <input type="checkbox"/> _____ Liittimet ulkona: <input type="checkbox"/> Ruostumaton teräs (V4A) <input type="checkbox"/> Maadoitusliitin <input type="checkbox"/> St/tZn muovivaipalla <input type="checkbox"/> _____



## Standardin DIN 18014:2014-03 mukaisen maadoitusjärjestelmän dokumentointi ja johtavuusmittaus

Laatija \_\_\_\_\_ Pvm \_\_\_\_\_ Raportti nro \_\_\_\_\_

Piirustukset, kuvat	<input type="checkbox"/> Toteutussuunnitelma, piirustus nro: _____ <input type="checkbox"/> Maadoitusjärjestelmän valokuvat	<input type="checkbox"/> Esimerkkikuvia liitântäkohdista <input type="checkbox"/> _____
Dokumentaation tarkoitus	<input type="checkbox"/> Vastaanotto / luovutus <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> Määräaikaistarkastus	
Johtavuusmittaus	Onko liitântäkohtien välisen johtavuusmittauksen tulos $\leq 0,2 \Omega$ saavutettu? <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	
Johtavuusmittaus	Järjestelmä on suunnitelmien mukainen <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	
	Järjestelmä täyttää ongelmitta standardin DIN 18014:2014-03 vaatimukset <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei	
	Koestuksessa havaittiin seuraavat puutteet:	

Paikka \_\_\_\_\_

Leima / Allekirjoitus Sähkö-/salamasuojasammattilainen \_\_\_\_\_

## Ohje rakennuksen omistajalle

- Rakennuksen omistajan on huolehdittava puutteiden korjaamisesta.
- Rakennukseen tai sen käyttötarkoitukseen tehdyistä muutoksista on ilmoitettava välittömästi.



## Maadoitusjohtimien, potentiaalintasauksen ja liittimien 50 Hz:n verkon virrankesto

Sähköverkossa erilaiset sähköjärjestelmät vaikuttavat yhdessä:

- Suurjännitetekniikka (SJ-järjestelmät)
- Keskijännitetekniikka (KJ-järjestelmät)
- Pienjännitetekniikka (PJ-järjestelmät)
- Informaatiotekniikka (IT-järjestelmät)

Eri järjestelmien luotettavan yhteistoiminnan perusta on yhteinen maadoitusjärjestelmä ja yhteinen potentiaalintasausjärjestelmä. On tärkeää, että kaikki eri kohteissa käytetyt johtimet ja liittimet on määritetty.

Rakennuksissa, joissa on muuntamoita, on lisäksi noudatettava seuraavia standardeja:

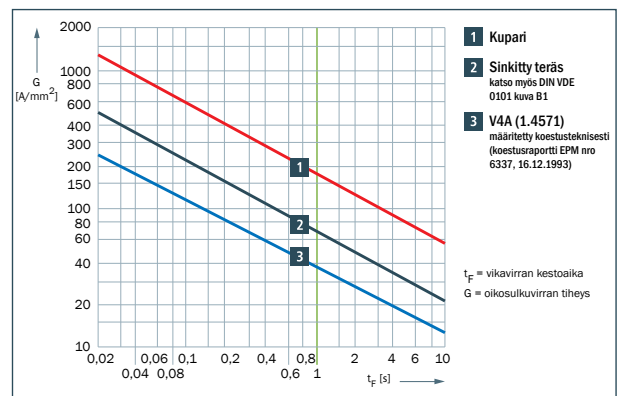
- DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1)<sup>1)</sup>
- DIN EN 50522 (VDE 0101-2)<sup>2)</sup>

Johdinmateriaalien ja liittimien käytön edellytys SJ, KJ ja PJ järjestelmissä on, että ne kestävät 50 Hz:n verkon virtojen termisen kuormituksen. Mahdollisten oikosulkuvirtojen (50 Hz) vuoksi maadoituselektrodien materiaalien poikkipinta on laskettava erikseen erilaisille verkoille tai rakennuksille. Maasulkuvirrat (standardien vaatimukset kaksoismaasulkuvirroille  $I''_{KEE}$ ) ei saa aiheuttaa liian suurta komponenttien lämpenemistä.

Jos verkon käyttäjällä ei ole erityisiä vaatimuksia, standardin mukaan perusteiksi otetaan:

- vikavirran kesto-aika (laukaisuaika) 1 sekunti
- maadoitusjohtimen ja liittimien materiaalien korkein sallittu lämpötila 300 °C

Maadoitusjohtimen poikkipinta-alan valinnan kannalta ratkaisevia ovat materiaali ja virrantiheys  $G$  ( $A/mm^2$ ), joka riippuu vikavirran kestoajasta



Grafiikka osoittaa sallitun 50 Hz-oikosulkuvirran tiheyden ( $G$ ) johdinmateriaaleille kupari, teräs (sinkitty-tZn) ja ruostumaton teräs (V4A), materiaalinumero 1.4571/1.4404.

Yksityiskohtaiset 1 s oikosulkuvirran arvot ( $I_k$ ) maadoitusjohtimille, syvämaadoituselektrodeille ja erilaisille komponenteille / liittimille löytyvät pääluettelostamme „Salamasuojaus / maadoitus“ (Lightning Protection/Earthing) tai tuotetiedotteistamme osoitteessa [www.dehn-international.com](http://www.dehn-international.com).



Pääluettelo  
Lightning Protection / Earthing

<sup>1)</sup> DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1): Suurjänniteverkot, joiden nimellinen vaihtojännite on yli 1 kV.

<sup>2)</sup> DIN EN 50522 (VDE 0101-2): Sellaisten suurjännitelaitteistojen maadoitus, joiden vaihtojännite on yli 1 kV

# Maasulkuvirran laskeminen

## Sähkönjakeluverkot ja maasulkuvirrat

Keskijänniteverkkoja voidaan käyttää eristetyllä, pieniohmissella / jäykästi maadoitetuilla sekä induktiivisesti maadoitetulla tähtipisteellä (sammutettu/kompensoitu verkko). Viimeinen vaihtoehto on laajasti käytössä, koska se rajoittaa maasulkutapauksessa vikapaikan kapasitiivista virtaa kompensointikelan / sammutuskelan induktanssilla

$$L_p = \frac{1}{3\omega^2 C_E}$$

maasulun jäännösvirtaan  $I_{Res}$ . Silloin ainoastaan tämä jäännösvirta (joka on yleensä noin 10 % kompensoimattomasta maasulkuvirrasta) kuormittaa maadoitusverkkoa vikatapauksessa. Maasulkuvirtaa saadaan pienennettyä kytkemällä paikallinen maadoitusverkko laajempiin maadoituksiin esimerkiksi keskijännitekaapelin maadoituksen kautta. Tässä määritellään alennuskertoimen  $r$ . Jos verkkorakenteessa on esimerkiksi odotettavissa kapasitiivinen maasulkuvirta 150 A, kompensoidussa tapauksessa maadoitusta rasitetaan todellisuudessa korkeintaan noin 15 A:n maasulkuvirralla. Muihin maadoituksiin kytkemällä tätä virtaa voidaan pienentää edelleen.

Suurjänniteverkon tyyppi	Ratkaisevaa terminen kuormituksen kannalta** Elektrodi	Maadoitusjohdin	Ratkaisevaa maadoitus- ja kosketusjännitteiden kannalta
Verkko, jossa tähtipiste on eristetty	$I_{KEE}''$	$I_{KEE}''$	$I_E = r * I_C$
Kompensoitu verkko	$I_{KEE}''$	$I_{KEE}''$	$I_E = r * \sqrt{I_L^2 + I_{Res}^2}$
Verkko ilman sammutuskelaa	$I_{KEE}''$	$I_{KEE}''^c$	$I_E = r * I_{Res}$

$I_{KEE}''$ : Kaksoismaasulkuvirta ( $I_{KEE}'' \sim 0,85 \times I_{k3p}$ )  
 $I_L$ : Kaikkien rinnakaisten kompensointikeloiden mittausvirrat  
 $I_C$ : Laskettu kapasitiivinen maasulkuvirta  
 $I_{Res}$ : Maasulun jäännösvirta ( $\sim 10 \% \times I_C$ )  
 $r$ : Alennuskertoimen yl. riip. l  
 $I_E$ : Maavirta

Lähde: DIN VDE 0101-2, taulukko 1<sup>1)</sup>

## Maadoitusten kuormitettavuuden mitoitus

Tätä varten on tarkasteltava pahimman mahdollisen tapauksen skenaarioita. Keskijänniteverkon sisällä esimerkiksi kaksoismaasulku olisi hyvin kriittinen. Ensimmäinen, esimerkiksi muuntajassa tapahtuva maasulku voisi mahdollisesti aiheuttaa toisen maasulun toisessa vaiheessa, esimerkiksi viallinen kaapeliliitos KJ-verkossa. Standardin DIN VDE 0101-2\* taulukon 1 mukaan tässä tapauksessa maadoitusjohtimen kautta kulkeva virta on niin sanottu kaksoismaasulkuvirta  $I_{KEE}''$ , joka mitoitetaan seuraavasti:

$$I_{KEE}'' \sim 0,85 \times I_k''$$

( $I_k''$  = kolminapainen alkukoikosulkuvirta)

20 kV:n verkossa, jossa alkukoikosulkuvirta  $I_k''$  on 16 kA, 1 s laukaisuajalla virta olisi 13,6 kA.

Tätä arvoa vastaavasti on mitoitettava maadoitusjohtimen ja maadoitusten yhdistysjohtimen kuormitettavuus asemarakennuksen sisällä tai muuntajahuoneessa. Tällöin rengasrakenteessa voidaan ottaa huomioon virtojen jakautuminen. Käytännössä käytetään siksi kerrointa 0,65. Suunnittelun pohjaksi on aina otettava tosiasialliset tiedot verkosta:

- Sähkönjakeluverkko, eristetty / maadoitettu / sammutettu
- Muuntajien nimellisteho
- Verkon jännite
- Katkaisuaika (laukaisuaika)

Standardissa VDE 0101-2\* määritellään eri materiaaleille maksimi oikosulkuvirran tiheys  $G$  (A/mm<sup>2</sup>). Johtimen poikkipinta-ala riippuu materiaalista ja laukaisuajasta (katkaisuajasta).

Aika	Teräs/sinkitty	Kupari	NIRO (V4A)
0,3 s	129 A/mm <sup>2</sup>	355 A/mm <sup>2</sup>	70 A/mm <sup>2</sup>
0,5 s	100 A/mm <sup>2</sup>	275 A/mm <sup>2</sup>	55 A/mm <sup>2</sup>
1 s	70 A/mm <sup>2</sup>	195 A/mm <sup>2</sup>	37 A/mm <sup>2</sup>
3 s	41 A/mm <sup>2</sup>	112 A/mm <sup>2</sup>	21 A/mm <sup>2</sup>
5 s	31 A/mm <sup>2</sup>	87 A/mm <sup>2</sup>	17 A/mm <sup>2</sup>

Taulukko: Oikosulkuvirran tiheys  $G$  (lämpötila korkeintaan 300 °C)

Laskemalla saatu virta jaetaan kyseisen materiaalin virran tiheydellä  $G$  ja järjestelmän laukaisuajalla, jolloin saadaan johtimen minimipoikkipinta  $A_{min}$ .

$$A_{min} = \frac{I_{KEE}''}{G} \text{ [mm}^2\text{]}$$

Johdin voidaan valita näin lasketun poikkipinnan perusteella. Tällöin luku pyöristetään aina lähimpään suurempaan nimellispoikkipintaan.

Maadoitusta ja sen maahan kosketuksessa olevia osia kuormitetaan esimerkiksi kompensoidussa verkossa huomattavasti pienemmällä virralla. Siten kompensoidussa verkossa esiintyy ainoastaan kertoimella  $r$  alennettu maasulun jäännösvirta  $I_E = r \times I_{Res}$ . Tämä virta on korkeintaan muutamia kymmeniä ampeereja, ja se voidaan johtaa normalipoikkipintaisilla maadoitustarvikkeilla ongelmitta ja pysyvästi pois.



# Tuotteet

Perustusmaadoituksen tarvikkeet

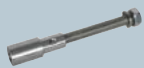








Johtimet ja lattateräkset	Kuvaus	Materiaali	Johdin	Rengaspaino/-pituus noin	Tuotenro
	Teräsjohdin, sinkitys keskimäärin > 50 µm (350 g/m <sup>2</sup> )	St/tZn	Ø 10 mm	50 kg / 81 m 18 kg / 30 m	800 010 800 310
	Ruostumaton teräsjohdin: Standardin DIN VDE 0151 mukaan maaperässä käytettävän ruostumattoman teräksen pitää olla laadultaan V4A, (esim. 1.4571). Molybdeenipitoisuus > 2%	V4A	Ø 10 mm	50 kg / 81 m 12 kg / 18 m 31 kg / 50 m	860 010 860 020 860 050
	Lattateräs: Standardin DIN EN 62561-2 (VDE 0185-561-2) mukaan maadoitusjärjestelmässä, salamassuojausjärjestelmissä ja rengaspotentiaalintasauksessa	St/tZn	30 x 3,5 mm	42 kg / 50 m 21 kg / 25 m	810 335 852 335
	Ruostumaton lattateräs: Standardin DIN VDE 0151 mukaan maaperässä käytettävän ruostumattoman teräksen pitää olla laadultaan V4A (esim. 1.4571). Molybdeenipitoisuus 2 %	V4A	30 x 3,5 mm	21 kg / 25 m 50 kg / 60 m	860 325 860 335
Kytentätangot	Kuvaus	Materiaali	Johtimen mitat	Rengaspaino/-pituus noin	Tuotenro
	Teräsjohdin, sinkitys keskimäärin > 50 µm (350 g/m <sup>2</sup> ) muovivaipalla	St/tZn	Ø 10 mm / 13 mm johdin/ulko	34 kg / 50 m	800 110
	Maadoituksen liitäntään tarkoitettu kytkentätanko korroosionkestävää ruostumatonta terästä V4A	V4A	30 x 3,5 mm Pituus 1500 mm  30 x 3,5 mm Pituus 1500 mm	-	860 115  860 130
	Lattateräs	V4A	30 x 3,5 mm, pituus 1500 mm  30 x 3,5 mm, pituus 3000 mm	-	860 215  860 230
	Kytentätankojen tai lattaterästen suojakansi	PVC	30 x 3,5 mm	-	478 099
Liittimet	Kuvaus	Liittimen materiaali	Liitosalue (mm)	Pakkaus kpl	Tuotenro
<b>Ristiliittimet maanpinnan ylä- ja alapuolisiin liitoksiin</b>					
	Johtimien liittäminen risti- ja T-liitoksena, välilevyllä pyöreä (Rd) ja latta (Fi)	St/tZn V4A	Rd / Rd 8-10 Rd / Fi 8-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30	25	319 201 319 209
	Ilman välilevyä	St/tZn V4A	Rd / Fi 8-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30	25	318 201 318 209
	Ilman välilevyä	St/tZn V4A	Rd / Rd 8-10 Rd / Fi 8-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30		318 251 318 219
	Ilman välilevyä	St/tZn V4A	Fi / Fi 30 / 30	25	318 033 318 233
<b>Ristiliitin tasakantaruuveilla</b>					
	Ilman välilevyä	St/tZn V4A	Rd / Fi 8-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30	25	318 205 318 239
<b>SV-liittimet maanpinnan ylä- ja alapuolisiin liitoksiin</b>					
	Risti- ja T-liitoksiin, ruuvien lukitsimella lattakiskolle ja pyöreille johtimille	St/tZn V4A	Rd / Rd 7-10 Rd / Fi 7-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30	25	308 220 308 229
	Risti- ja rinnakkaisliitoksiin, halkaistu yläosa, ilman välilevyä	St/tZn	Rd / Rd 8-10 Rd / Fi 8-10 / 30 Fi / Fi 30 / 30	50	308 060
<b>Kytentäliitin perustusmaadoituselektrodiin</b>					
	Pyöreiden ja litteiden johtimien kytkemiseen betoniperustukseen, T-, risti- ja rinnakkaisliitoksiin, johdinta ei tarvitse pujottaa liittimen läpi.	St/tZn V4A	Rd / Fi (+) 10 / 30 mm Fi / Fi (+ / II) 30 / 30 mm	25	308 120 308 129



## Perustusmaadoitukseen liittyvät komponentit

Kannatin	Kuvaus	Kiinnitys latta FI	Kiinnitys pyöreä Rd	Pituus	Pakkaus kpl	Tuotenro
Kannatin maadoitusjohdinten asentamiseksi perustuslaattaan; varmistusnokka estää johtimen irtoamisen						
	Kulmamuoto, vahvistettu	40 mm	8-10 mm	300 mm	25	290 001
	Suora	40 mm	8-10 mm	280 mm	50	290 002
Maadoitusliittimet	Kuvaus	Levyn materiaali	Varren materiaali	Kierre	Pakkaus kpl	Tuotenro
<b>Maadoitusliittimet</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• esim. betoniradoituksen liittämiseksi maadoitusjärjestelmään</li> <li>• pää- tai lisäpotentiaalintasauksen liittämiseen maadoitukseen</li> <li>• johtavuuden ja maadoitusvastuksen mittauspisteeksi tyyppi M liitäntävarrella (l = 195 mm, Ø 10 mm)</li> </ul>						
	Tyyppi M liitäntävarrella (l = 180 mm, Ø 10 mm)	V4A V4A	St/tZn V4A	M10 / 12 M10 / 12	10	478 011 478 019
	Tyyppi M ilman liitäntävarretta	V4A	-	M10 / 12	10	478 012
	Tyyppi K muovirenkaalla ja liitäntävarrella (l = 180 mm, Ø 10 mm)	V4A	St/tZn	M10 / 12	10	478 200
	Tyyppi M puristetulla liitäntävarrella (l = 180 mm, Ø 10 mm) Tuotenro 478 049 UL-hyväksynnällä	V4A V4A	St/tZn V4A	M10 / 12 M10 / 12	10	478 041 478 049
	Tyyppi M MV-liittimellä pyöreäjohtimelle 8 - 10 mm, vähän tilaavievä	V4A	-	M10 / 12	10	478 112
	Tyyppi M puristetulla liitäntävarrella, lisäksi vesisulku, joka estää veden tunkeutumisen vartta pitkin seinään (testattu 5 bar paineilmalla standardin DIN EN 62561-5 mukaisesti i ja 1 bar painevedellä)	V4A	St/tZn	M10 / 12	1	478 051
Liittimet	Kuvaus	Liitosalue Rd / FI	Liittimen materiaali	Pakkaus kpl	Tuotenro	
<b>Liittimet</b> kierretangolla, Pyöreiden (Rd) ja lattajohtimien (FI) kytkemiseen maadoitusliittimiin kierteellä M10/12. Myös asennukseen liitäntävarretoman maadoitusliittimen taakse, sopii esim. lattateräkselle, kierre M10/M12						
	Tukeva malli, M10 Tukeva malli, M12	7-10 / 30-40 mm 7-10 / 30-40 mm	St/tZn/V4A V4A	10 10	478 141 478 149	
	Kevyt malli	8-10 / 30 mm	V4A	10	478 129	


## Perustusmaadoitukseen liittyvät komponentit

Kierresovitin	Kuvaus	Sisä-/ulkokierre	Materiaali	Pakkaus kpl	Tuotenro
	Kierresovitin kierteellä M10 l = 130 mm	M10x25 mm / M10x80 mm	V4A	10	478 699
Maadoitusliittimet M16	Kuvaus	Materiaali levy / köysi	Liitäntäjohtimen poikkipinta-ala	Pakkaus kpl	Tuotenro
M16 kierre, suurempaa kuormitusta varten (50 Hz), esim. rengaspotentiaalintasausjärjestelmän liittäminen suurjänniteverkkojen (yli 1 kV nimellisjännite) maadoitukseen (muuntajien maadoitus).					
	Maadoitusliitin, M16 kierre	V4A / Cu/gal Sn	70 mm	1	478 027
Painevesitiivis seinäläpivihti	Kuvaus	Materiaali	Läpiviennin pituus	Pakkaus kpl	Tuotenro
Maadoitusliitin ja seinäläpivihti MV-liittimellä, materiaali V4A, 8-10 mm pyöröjohtimelle maadoitus-/potentiaalintasausjohtimien painevesitiiviseen muurausten ja seinien läpivihtiin, V4A-kierretanko M10. Malli jälkiasennusta varten porauksella (Ø 14 mm) tai mahdollisesti betonivalumuotiin läpi. Painevesitestattu 1 bar saakka, mikä vastaa asennusta 10 metrin syvyyteen seisovassa vedessä.					
	Maadoitus- ja seinäläpivihti:	Lautanen: V4A Kierretanko: V4A	100 – 300 mm 300 – 500 mm 500 – 700 mm	1	478 410 478 430 478 450
Vesitiivis seinäläpivihti „valkoisille tankeille“, sopii seinien painevesitiiviseen läpivihtiin esim. rengasmaadoituselektrodin liittäminen potentiaalintasauskiskoon tai potentiaalintasauskiskon liittäminen perustukseen. Malli betonivalumuottiin asentamista varten. Painevesitestattu 1 bar saakka, mikä vastaa asennusta 10 metrin syvyyteen seisovassa vedessä. Testattu 5 bar paineilmalla standardin DIN EN 62561-5 mukaisesti.					
	Vesitiivis seinäläpivihti „valkoisia tankeja“ varten	Levy: V4A Varsi: St/tZn	200 – 300 mm 300 – 400 mm 400 – 500 mm	1	478 530 478 540 478 550
Tiiviste kytkentätankoa varten	Kuvaus	Materiaali	Ulkohalkaisija / läpivihti Rd	Pakkaus kpl	Tuotenro
	Pyöreälle johtimelle Litteälle kiskoille	Termoplastinen elastomeeri Termoplastinen elastomeeri	105 mm / 10 mm 119 mm / 30x3,5 mm	10	478 598 478 599
Liittimet	Kuvaus	Materiaali	Liitosalue	Pakkaus kpl	Tuotenro
Liittimet betoniraudoitusta varten Raudoitusmattojen tai raudoitusten liittämiseen pyöreisiin ja litteisiin johtimiin, malli: (II) = rinnakkain/ (+) = ristiin					
	T-, risti- ja rinnakkaisliitoksiin	St/tZn	Rd / Rd (+) 6-10 / 6-10 Rd / FI (+) 6-10 / 30 FI / FI (II) 30 / 30	50	308 025
	T-, risti- ja rinnakkaisliitoksiin	St/tZn	Rd / FI (+) 6-10 / 30 FI / FI (+ / II) 30 / 30	25	308 026
	Risti- ja T-liitoksiin	Teräs/paljas	Rd / FI (+) 6-22 / 40	25	308 030
	MAXI-MV-liittimet T-, risti- ja rinnakkaisliitoksiin Tuotenro 308 040 UL-hyväksynnällä	St/tZn Teräs/paljas	Rd / Rd (+/II) 8-16 / 15-25 Rd / Rd (+/II) 8-16 / 15-25	20	308 041 308 040
	U-pulttiliitin paksuille betoniraudoille	Teräs/paljas	Rd / Rd (II) 16-48 / 6-10 Rd / FI (II) 16-48 / 30-40	25	308 045

## Perustusmaadoitukseen liittyvät komponentit

Puristussankaliittimet	Kuvaus	Materiaali	Liitosalue mm	Pakkaus kpl	Tuotenro
------------------------	--------	------------	---------------	-------------	----------



Puristussankaliittimet perustusmaadoituselektrodeille ja raudoituksiin pyöreiden ja litteiden johtimien liittämiseksi betoniperustukseen tai raudoitustattojen ja raudoitusten kytkemiseen pyöreisiin ja litteisiin johtimiin

	T-, risti- ja rinnakkaisliitoksiin MAXI paksuille betoniraudoille	St/tZn	Rd / Rd 6-20 / 6-10 Rd / Fl 6-20 / 30x3-4 Fl / Fl 30x3-4 / 30x3-4	25	308 031
			Rd / Rd 20-32 / 6-10 Rd / Fl 20-32 / 40x4-5	25	308 036
	Ilman puristuslevyä MAXI ilman puristuslevyä	Teräs/paljas	Rd / Fl (+) 6-20 / 30x3-4 mm Fl / Fl (+) 30x3-4 / 30x3-4 mm		308 032
			Rd / Fl (+) 20-32 / 30x3-40x5 mm		308 037

Liittimet	Kuvaus	Materiaali	Liitosalue mm	Pakkaus kpl	Tuotenro
-----------	--------	------------	---------------	-------------	----------


### Liittimet maadoitusjohtimia ja raudoitusta varten:

Betoniraudoituksen liittäminen maadoitusjohtimeen. Pyöreille johtimille ja kiinteän maadoituksen samanaikainen liittäminen betonivalussa.

	Ohuille betoniraudoille	Teräs/ paljas	Rd / Rd (+/II) 6-22 / 6-10 Rd / Fl (+) 6-22 / 40	25	308 035
	U-pulttiliitin paksuille betoniraudoille	Teräs/ paljas	Rd / Rd (+/II) 16-48 / 6-10 Rd / Fl (II) 16-48 / 30-40	25	308 046

Silloitukset	Kuvaus	Materiaali	Mitat Nauha (P x L x S)	Pakkaus kpl	Tuotenro
--------------	--------	------------	-------------------------------	-------------	----------

### Laajennuskappale perustusmaadoituselektrodiin

	Perustusmaadoituselektrodin läpivientiin laajoissa perustuksissa (useita lohkoja) liikuntasaumojen läpi niin, että maadoituselektrodi ei tarvitse tuoda ulos pohjalaatasta.	V4A-nauha Polystyreenikappale	noin 700 x 30 x (4 x 1) mm	1	308 150
---	---	----------------------------------	-------------------------------	---	---------


Joustavat liittimet	Kuvaus	Pituus	Kiinnitysreiän Ø	Keskireiän Ø	Pakkaus kpl	Tuotenro
---------------------	--------	--------	---------------------	-----------------	-------------	----------

### Joustava punos

	Keskireiällä maadoitusliittimeen liittämistä varten, materiaali alumiini	300 mm	1 x 10,5 / 4 x 5,2 mm	10,5 mm	10	377 115
---	--	--------	--------------------------	---------	----	---------

3	Kuvaus	Materiaali	Nauhan leveys	Pakkaus kpl	Tuotenro
---	--------	------------	---------------	-------------	----------

### Korroosiosuojanauhahat

	Maanpinnan ylä- ja alapuolisten liitosten suojaamiseen standardin DIN 30672 mukaisesti, rullassa 10 m, UV-suojattu.	Petrolat	50 mm 100 mm	24 12	556 125 556 130
---	---	----------	-----------------	----------	--------------------

[www.finnelectric.fi/dehn](http://www.finnelectric.fi/dehn)