

Jussi-Petteri Vihavainen

MAADOITUKSEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Huhtikuu 2011



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Huhtikuu 2011	Tekijä/tekijät Jussi-Petteri Vihavainen
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Maadoituksen suunnittelu		
Työn ohjaaja Yliopettaja Jari Halme		Sivumäärä 66 + 8 liitettä
Työelämäohjaaja Osastopäällikkö Jukka Kinnunen		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Pöyry Finland Oy:lle. Työn tavoitteena on pohtia, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon kun tehdään sähkösuunnitelmia että maadoitus ja eri komponenttien maadoittaminen tulee huomioitua riittävän laaja-alaisesti.</p> <p>Työssäni käyn läpi teoreettisesti maadoittamisen ja mitä sillä tarkoitetaan sekä myös eri maadoituksen komponentit mitä niissä tulisi huomioida jotta maadoittaminen on toteutettu standardien ja lain mukaisesti. Työn keskeisin osa on eri johtimien mitoitus, koska tämä asia tulee useasti vastaan kun laaditaan suunnitelmia. Mikä poikkipinta-ala johtimella täytyy olla? Työssäni käytän esimerkkinä erilaisia maadoittamiseen liittyviä dokumentteja. Työn tulisi palvella aloittelevia sähkösuunnittelijoita ja miksi ei hieman kokeneempiakin suunnittelijoita.</p>		

Asiasanat

Maadoitus, potentiaalintasaus, sähkösuunnittelu

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date April 2011	Author Jussi-Petteri Vihavainen
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis Earthing design		
Instructor Jari Halme, principal lecturer		Pages 66 + 8 appendices
Supervisor Jukka Kinnunen, department manager		
<p>This thesis was made for the Pöyry Finland company. The aim is to discuss where should pay attention when making plans for electricity, that the earthing and the different components of earthing will be broad enough to widely.</p> <p>In this work I go through theoretically earthing, and what it means, as well as the various components of earthing with what should be taken into account so that earthing is carried out in accordance with the standards and the law. The work of the most important part is the design of different conductors, this issue will often come against when making the designs. What is cross-sectional area should be a conductor? In my work I use the example of a variety of documents related to the earthing. Work should serve the starting out desingners and why not a little more experienced designers.</p>		
Key words Earthing, electrical design, equipotential		

ESIPUHE

Tämä työ on tehty Pöyry Finland Oy:lle. Haluan kiittää työelämäohjaajaa ja esimiestäni, osastopäällikkö Jukka Kinnusta. Lisäksi haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta yliopettaja Jari Halmetta Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulusta ja kaikkia niitä ihmisiä, jotka ovat auttaneet työni onnistumisessa.

Ylivieskassa 20.04.2011

Jussi Vihavainen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TERMISTÖ	2
3 YLEISTÄ MAADOITTAMISESTA	10
3.1 Yleistä	10
3.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne	11
3.3 Jakelujärjestelmät	12
3.3.1 TN-järjestelmät	12
3.3.2 Jakelujärjestelmän valinta	17
3.4 Potentiaalintasaus	19
3.4.1 Pääpotentiaalintasaus	19
3.4.2 Lisäpotentiaalintasaus	24
3.5 Eri maadoitusjärjestelmien liittäminen yhteen	25
3.6 Ukkossuojauksen liittyminen maadoituksiin.	27
4 MAADOITUKSEN KOMPONENTIT	29
4.1 Komponentit	29
4.2 Maadoituselektrodi	29
4.2.1 Pienjänniteliittymän maadoituselektrodi	30
4.2.2 Perustusmaadoituselektrodi	31
4.2.3 Muut elektrodirakenteet	35
4.3 Kiskot	39
4.3 Liittimet ja pannat	42
4.5.1 Suojajohtimen mitoitus ja valinta	44
4.5.1 Maadoitusjohtimen mitoitus ja valinta	47
4.5.3 Pääpotentiaalitasausjohtimen mitoitus	49
4.5.4 Lisäpotentiaalitasausjohtimen mitoitus	49
4.7 Esimerkkejä maadoitusten kytkennöistä	50
5 ERI JÄRJESTELMIEN LIITTYMINEN MAADOITUKSIIN	58
5.1 Yleistä	58
5.2 Antennijärjestelmä	58
5.2 Yleiskaapelointijärjestelmät	61
5.3 Paloilmoitinjärjestelmä	63
6 POHDINTA	65
LÄHTEET	66
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Pöyry on maailman laajuinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö, joka on sitoutunut tasapainotettuun kestäväan kehitykseen ja vastuulliseen toimintaan. Laatu ja rehellisyys leimaavat kaikkea Pöyryn toimintaa. Pöyry tarjoaa alan huippua edustavia johdon konsultointipalveluja, kokonaisratkaisuja sekä suunnittelua ja töiden valvontapalveluja. Pöyry tarjoaa perusteellista toimialaosaamista teollisuus-, energia-, kaupunki- ja liikenne- sekä vesi- ja ympäristösuunnittelu aloilla. Pöyryllä on palveluksessaan 7 000 asiantuntijaa, ja paikalliskonttoriverkosto ulottuu noin 50 maahan. (Pöyry 2011.)

Opinnäytetyön tavoitteena on pohtia mitä kaikkea pitää ottaa huomioon kun tehdään sähkösuunnitelmia että maadoitus ja eri komponenttien maadoittaminen tulee huomioitua riittävän laaja-alaisesti. Opinnäytetyössäni käyn läpi teoreettisesti maadoittamisen ja mitä sillä tarkoitetaan sekä myös eri maadoittamisen komponentit mitä niissä tulisi huomioida jotta maadoittaminen on toteutettu standardien ja lain mukaisesti. Opinnäytetyön keskeisin osa on eri johtimien mitoitus, koska tämä on asia tulee suunnitelmia laatiessa useasti vastaan. Mikä poikkipinta-ala johtimella täytyy olla? Opinnäytetyössäni käytän esimerkkinä erilaisia maadoittamiseen liittyviä dokumentteja. Opinnäytetyön tulisi palvella aloittelevia sähkösuunnittelijoita ja miksi ei hieman kokeneempiakin sähkösuunnittelijoita.

2 TERMISTÖ

Tässä luvussa läpi käydään termejä mitä opinnäytetyössä on käytetty. Termistö on hyvä lukea läpi niin opinnäytetyötä lukiessa ei tule vastaan sanoja, joiden tarkoitusta ei ymmärrä. Kappaleen lopussa on kuvioita joista käy havainnollistaen ilmi nimityksiä.

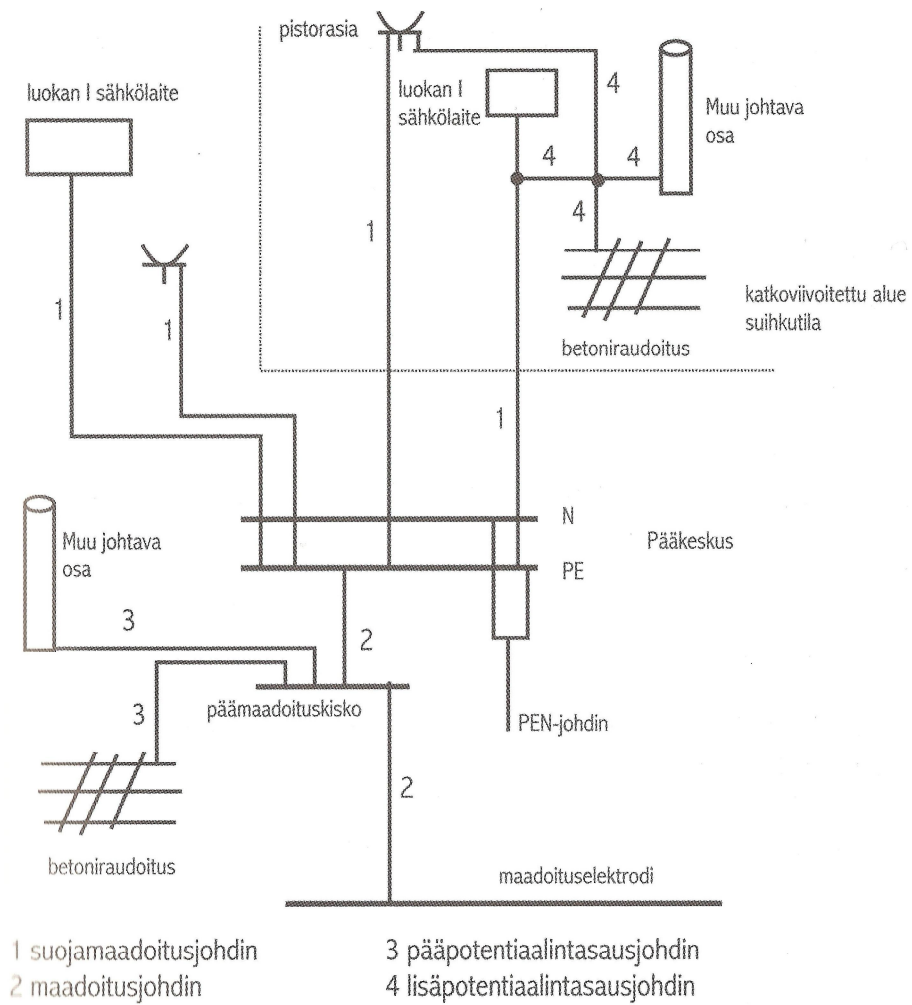
TAULUKKO 1. Maadoitukseen liittyvää termistöä.

Askeljännite U_S	se osa maasulasta johtuvaa maadoitusjännitettä, jonka ihminen saa 1 metrin askelvälillä virran kulkiessa kehon kautta jalasta toiseen
Jännitteelle altis osa	sähkölaitteen johtava osa, jota voi koskettaa ja joka ei normaalisti ole jännitteinen, mutta joka voi tulla jännitteiseksi peruserityksen eristysvian takia.
Jännitteinen osa,	normaalikäytössä virtapiiriin kuuluva johdin tai johtava osa nollajohdin mukaan luettuna, PEN-johdinta lukuun ottamatta.
Kosketusjännite	jännite, joka eristysvian aikana esiintyy kahden samanaikaisesti kosketeltavan osan välillä.
(Paikallinen) maa	maan johtava osa, joka on yhteydessä maadoituselektrodiin, ja jonka potentiaali ei välttämättä ole nolla.
Maadoituselektrodi,	johtava osa tai johtavien osien yhdistelmä, joka on välittömässä kosketuksessa maahan ja joka muodostaa sähköisen kosketuksen maan kanssa.

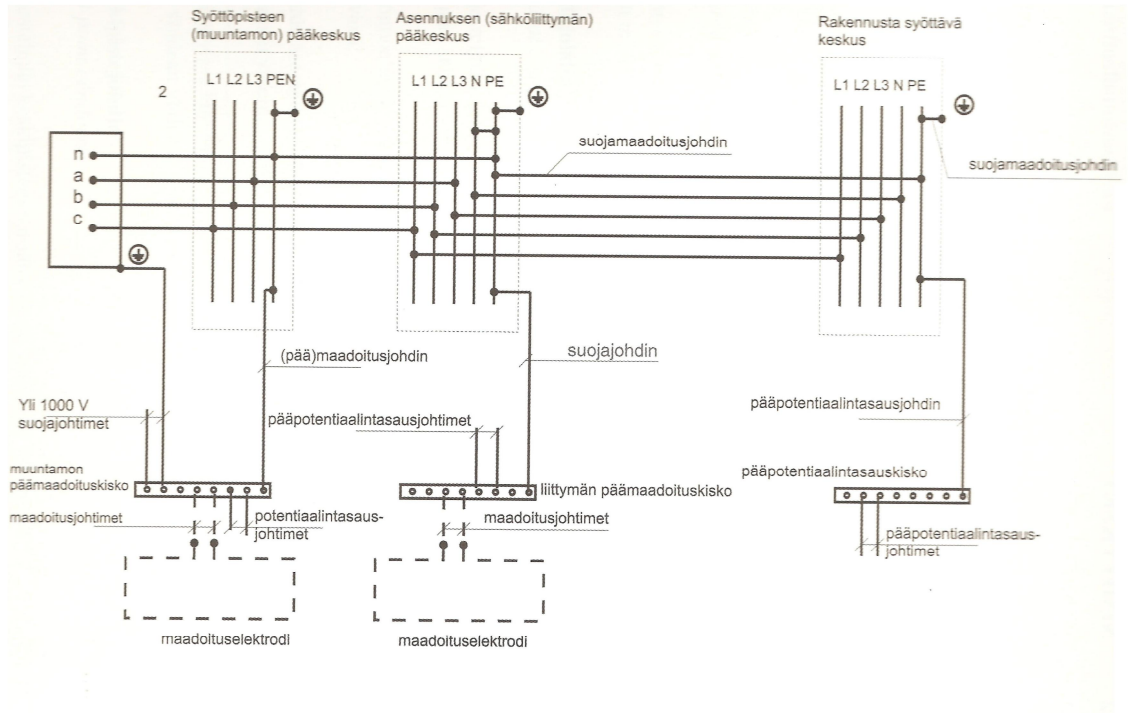
Maadoitusjohdin	johdin, joka muodostaa asennuksen, järjestelmän tai laitteen määrätyn osan ja maan välille johtavan yhteyden tai osan tästä yhteydestä.
Maadoitusjännite U_E	maadoitusjärjestelmän ja referenssimaan välinen jännite.
Maadoitusresistanssi	päämaadoituskiskon tai (-liittimen) ja maan välinen resistanssi
Maadoitusväyläjohdin	johdin (tai kisko), joka on yhdistetty päämaadoitusliittimeen
Maaperän resistiivisyys ρ_E	Maaperälle ominainen sähköinen resistiivisyys
Muu johtava osa	sähköasennuksen kuulumaton johtava osa, jossa voi esiintyä tietty potentiaali, yleensä maan potentiaali.
Nollajohdin (tunnus N)	järjestelmän nollapisteeseen yhdistetty johdin, joka kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon.
PEN-johdin	maadoitettu johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että nollajohtimena.
Potentiaalinhojaus	maadoitusjännitteen, erityisesti maanpinnan potentiaalin, ohjaus maadoituselektrodilla.
Potentiaalintasaus	sähköinen liitäntä, jolla eri sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat saateetaan suunnilleen samaan potentiaaliin
Potentiaalintasausjohdin	suojajohdin, jonka avulla tehdään potentiaalintasaus.
Päämaadoituskisko	Päämaadoitusliitin, kisko tai liitin, joka on osa maadoitusjärjestelmää ja johon voidaan liittää maadoittamista varten useita johtimia.

Referenssimaa	maan johtava osa, jonka sähköiseksi potentiaaliiksi missä tahansa kohdassa on sovittu nolla, ja joka on kaikkien maadoitusjärjestelmien vaikutusalueen ulkopuolella.
Samanaikaisesti kosketeltavat osat	johtimet tai johtavat osat, joita ihminen tai mahdollisesti kotieläin voi samanaikaisesti koskettaa. Huomautus: Samanaikaisesti kosketeltavat osat voivat olla jännitteisiä osia, jännitteelle alttiita osia, muita johtavia osia, suojajohdimia tai maadoituselektrodeja
Suojajohdin	johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.
Suojamaadoitus	järjestelmän tai asennuksen pisteen maadoittaminen suojauksen takia
Suojamaadoitusjohdin	suojajohdin, jota käytetään suojamaadoittamisen suorittamiseen
Suurin kosketusjännite	suurin kosketusjännite, joka voi esiintyä asennuksessa hyvin pieni-impedanssisen vian aikana
Sähköisesti erilliset maadoituselektrodit,	maadoituselektrodit, jotka sijaitsevat sellaisella etäisyydellä toisistaan, että suurin jonkin elektrodin kautta todennäköisesti kulkeva virta ei merkittävästi vaikuta muiden elektrodien potentiaaliin.
Toiminnallinen maadoitus	järjestelmän, asennuksen tai laitteen jonkin kohdan maadoittaminen, joka on tarpeen muusta syystä kuin sähköiskulta suojaamisen takia.

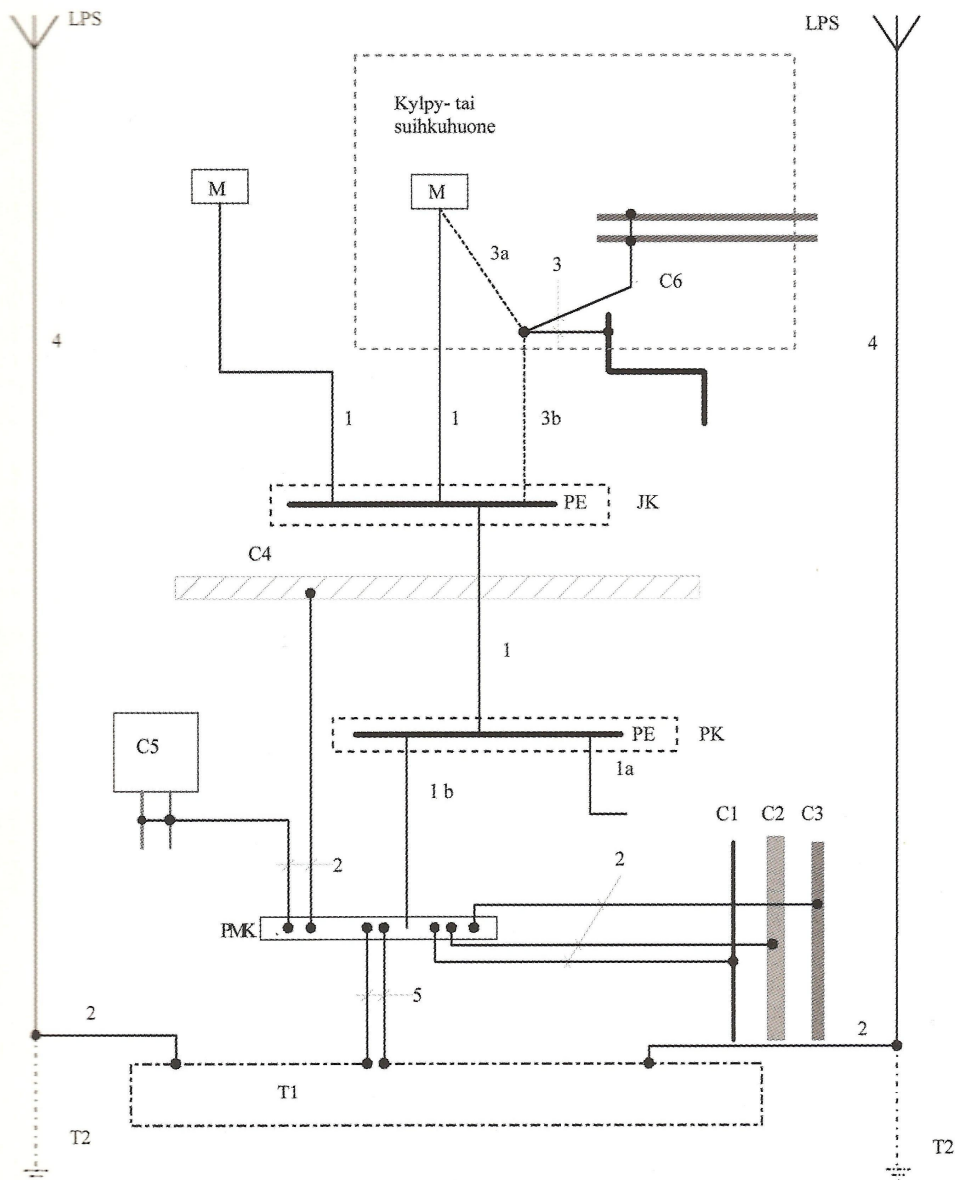
Toiminnallinen maadoitusjohdin	toiminnalliseen maadoittamiseen käytetty maadoitusjohdin.
Toiminnallinen ja suojamaadoitusjohdin	johdin, jossa yhdistyvät sekä suojamaadoitusettä toiminnallisen maadoitusjohtimen toiminnot.
Prospektiivinen vikavirta	virta, joka kulkisi piirissä, jossa kytkinlaitteiden tai sulakkeiden navat korvattaisiin johtimilla, jonka impedanssi on merkityksettömän pieni.
Lujuusluokka (asennusputki)	Lujuusluokat ovat välillä 1-5, 1 on erittäin kevyt ja 5 on erittäin luja. Tarkempi määrittely standardissa SFS-EN 50086.



KUVIO 1. Suojajohtimeen ja maadoituksiin liittyviä nimityksiä. (Maadoituskirja 2007, 17.)



KUVIO 2. Suojajohtimiin ja maadoituksiin liittyviä nimityksiä. (Maadoituskirja 2007, 18.)



KUVIO 3. Maadoitusjärjestelmä, suojohtimet ja suojaavat potentiaalintasausjohdotimet. Tunnusten merkitys on esitetty taulukossa 2. (Maadoituskirja 2007, 19.)

TAULUKKO 2. Selitykset kuviolle 3. (Maadoituskirja 2007, 19.)

Tunnus	Nimike
M	Jännitteelle altis osa
PK	Pääkeskus
JK	Jakokeskus
C	Muu johtava osa
C1	Ulkoa tuleva metallinen vesiputki
C2	Ulkoa tuleva metallinen viemäriputki
C3	Kaukolämpöputki
C4	Ilmanvaihtojärjestelmä
C5	Lämmitysjärjestelmä
C6	Metallinen vesijohtoputki esim. kylpyhuoneessa
PMK	Päämaadoituskisko
T	Maadoituselektrodi
T1	Perustusmaadoituselektrodi
T2	Ukkossuojajärjestelmän maadoituselektrodi jos tarpeen
LPS	Ukkossuojajärjestelmä
PE	Keskuksen suojakisko
1	Suojajohdin, johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.
1a	Tuleva suojajohdin jakelujärjestelmästä
1b	Suojajohdin pääkeskuksen suojakiskon ja päämaadoituskiskon välillä
2	Suojaava potentiaalintasausjohdin
3	Lisäpotentiaalintasausjohdin
3a ja 3b	ovat vaihtoehtoisia
4	Ukkossuojajärjestelmän alastulojohdin
5	Maadoitusjohdin

3 YLEISTÄ MAADOITTAMISESTA

3.1 Yleistä

Sähköturvallisuuden kannalta maadoitusten ensisijaisena tarkoituksena on rajoittaa vikatapauksissa esiintyviä kosketusjännitteitä ja askeljäännitteitä. Vika voi liittyä rakennuksen sähköasennuksiin tai siitä syöttävään järjestelmään, suurjänniteverkko mukaan lukien. Vikaan voidaan rinnastaa myös ukkosen aiheuttamat ylijäännitteet. (Maadoituskirja 2001, 19.)

Rakennusten maadoitukseen liittyy varsinaisen maadoituselektrodin ohella potentiaalintasausjärjestelmä.

Sähköturvallisuuden kannalta maadoituksen tarkoituksena on myös

- estää vaarallisten jännitteiden siirtymistä järjestelmästä toiseen
- estää vaarallisten vuotovirtojen, kipinöiden ja valokaarien syntyminen
- luoda toimintaedellytykset maasulku- ja kosketusjännitesuojaukselle

(Maadoituskirja 2001, 19.)

Pienjännitesähköasennuksen maadoitusjärjestelmän tehtävänä on tehdä mahdolliseksi sähköasennuksen turvallinen ja luotettava toiminta. Pienjänniteasennuksen maadoitusta koskevat perusvaatimukset on esitetty standardisarjan SFS 6000 osissa 4-41, Suojaus sähköiskulta ja 5-54 Maadoittaminen ja suojajohtimet. Nämä standardit perustuvat kansainvälisen sähköalan standardisointijärjestön IEC:n standardisarjan IEC 60364 vastaaviin osiin. Standardit IEC 60364-4-41 ja IEC 60364-5-54 ovat sähköiskulta suojaamista koskevia perusjulkaisuja. Niitä käytetään perus-

tana sekä sähköasennusten että laitteiden sähköiskulta suojaamista koskevissa vaatimuksissa. (Maadoituskirja 2007, 35.)

3.2 Maadoitusjärjestelmän rakenne

Maadoitusjärjestelmän rakenteen valintaan vaikuttavat mm. seuraavat seikat:

- asennuksen turvallisuusvaatimukset (syötön automaattisen poiskytkennän toiminta ja potentiaalintasaus)
- sähköjärjestelmän maadoitustapa (TN-, TT- tai IT-järjestelmä)
- rakennuksen käyttötarkoitus ja siinä käytettävien laitteiden asettamat vaatimukset
- rakennuksessa tarvittavat erilaiset maadoitusjärjestelmät, esim. ukkos-suojauksen, suurjännitejärjestelmien ja erilaisten telejärjestelmien maadoitukset
- rakennuksen mekaaninen rakenne kuten johtavat runkorakenteet, erilaiset LVI-järjestelmät yms.
- maadoituksista aiheutuvat välittömät ja välilliset kustannukset rakentamisvaiheessa ja rakennuksen käytön aikana.

(Maadoituskirja 2007, 35.)

Nämä kaikki seikat vaikuttavat maadoitusjärjestelmän rakenteen suunnitteluun ja niinpä ei ole olemassa patenttiratkaisuja, jotka sopivat aina, vaan rakenteiden valinta vaatii aina perustietoja ja tapauskohtaista harkintaa. Malliratkaisujen väärä käyttö voi johtaa joko liian kalliiseen tai huonosti toimivaan ratkaisuun. Varsinkin rakennuksen käytön aikaiset kustannukset on yleensä otettu huonosti huomioon.

(Maadoituskirja 2007, 36.)

Maadoitukseen liittyvät sähköasennusten turvallisuusvaatimukset asettavat minimitason. Turvalliset ja toimivat sähköasennukset voidaan toteuttaa myös ilman maadoituksia, esim. käyttämällä luokan 2 sähkölaitteita tai sopivia galvaanisia erottamisia. (Maadoituskirja 2007, 36.)

Rakennuksen käyttö voi muuttua sen eliniän aikana. Rakennukseen liittyvät tekniset järjestelmät muuttuvat, ja sen takia koko rakennuksessa tulisi ottaa huomioon tämä muutostarve ja tehdä rakennus mahdollisimman joustavaksi. Muutama vuosikymmen sitten ei esimerkiksi osattu varautua nykyisin käytössä oleviin tietotekniikan järjestelmiin. Myös maadoitusjärjestelmiin liittyvät vaatimukset voivat muuttua, ja nekin tulisi rakentaa mahdollisimman joustaviksi. Eräitä asennuksia, kuten maadoituselektrodeja ja liityntöjä betonin sisään jääviin teräsrakenteisiin, on vaikea tehdä jälkikäteen ja sen takia näihin pitäisi kiinnittää erityisesti huomiota jo silloin kun rakennusta rakennetaan. Kuitenkaan ei useimmiten ole järkevää varautua sellaiseen uuteen järjestelmään, jonka rakenteesta ei vielä ole varmuutta. Tärkeintä on se, että tarvittavia muutoksia voidaan tehdä helposti myöhemmin. Rakennuksen sisällä tärkeää on varata maadoitusjärjestelmille ja muillekin johtojärjestelmille riittävät ja muunneltavat johtoreitit. (Maadoituskirja 2007, 36.)

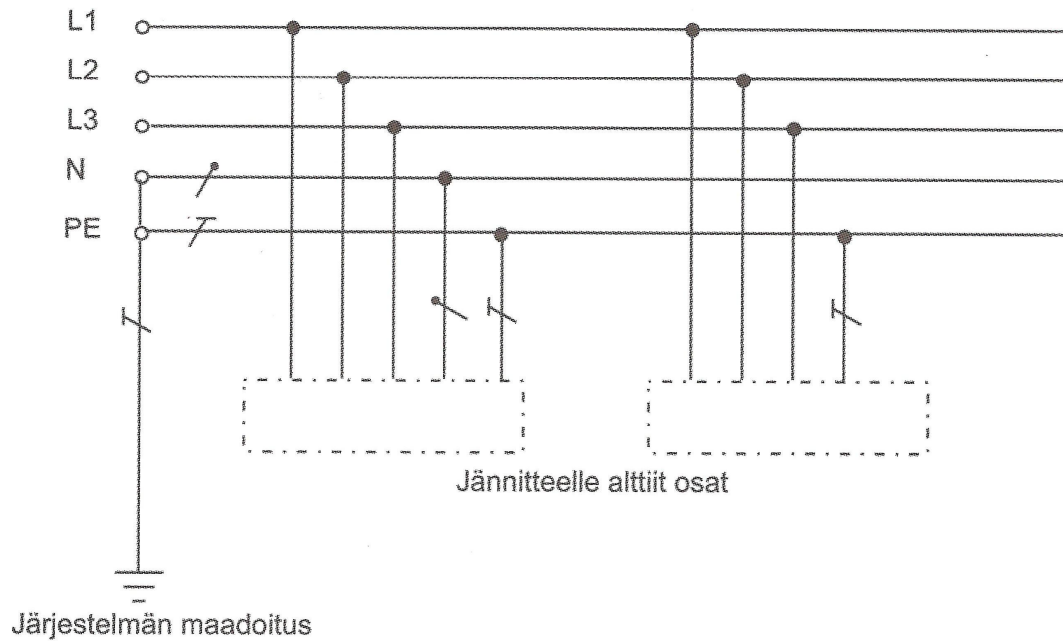
3.3 Jakelujärjestelmät

3.3.1 TN-järjestelmät

TN-järjestelmässä yksi piste on maadoitettu suoraan ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen suojamaadoitusjohtimella tai PEN-

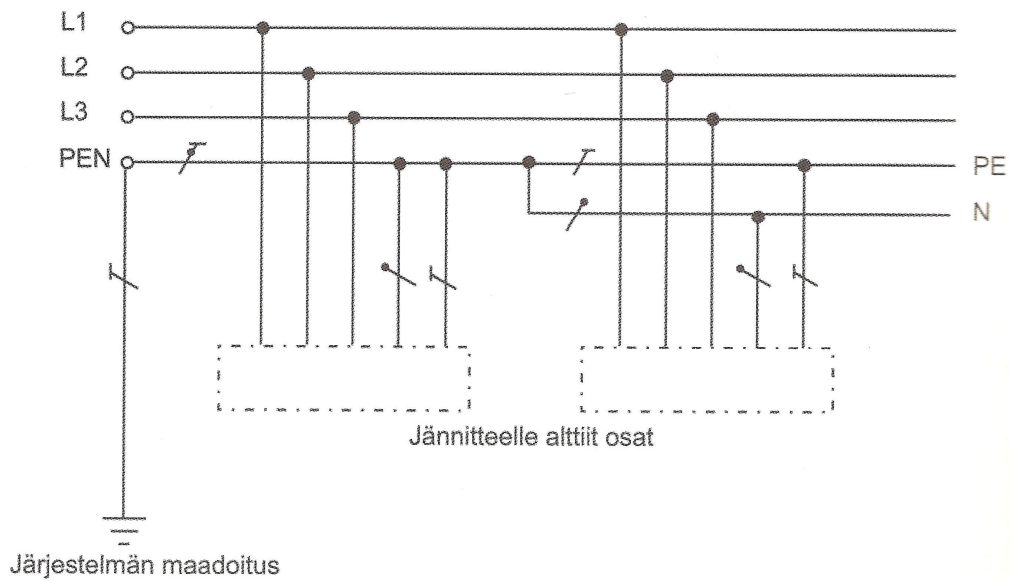
johtimella. Nolla- ja suojamaadoitusjohtimen keskinäisen järjestelyn perusteella erotetaan toisistaan kolme eri TN-järjestelmää.

TN-S-järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.



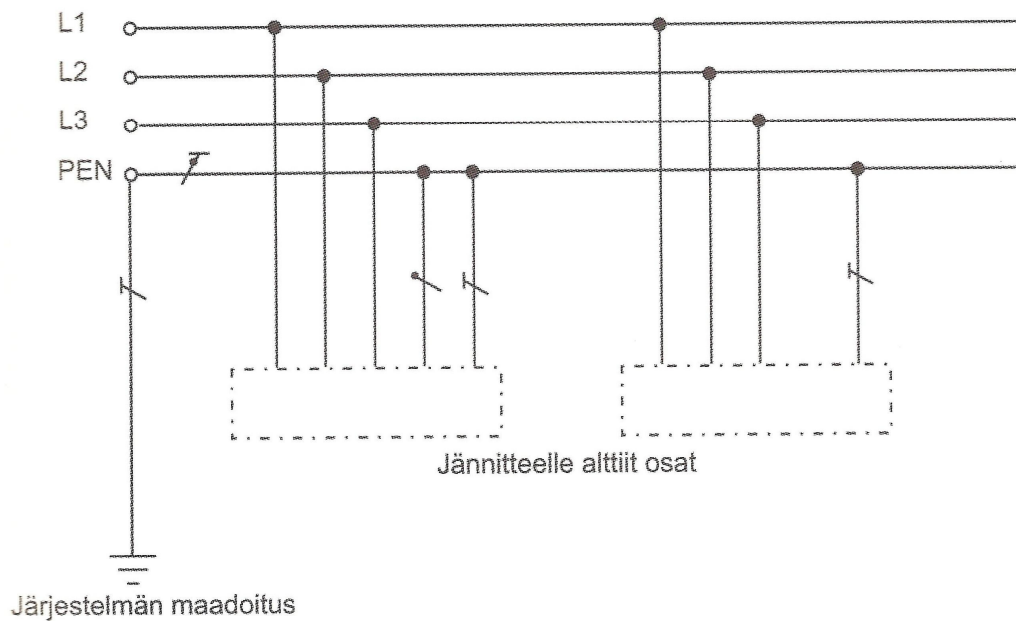
KUVIO 4. TN-S-järjestelmä (Maadoituskirja 2007, 26).

TN-C-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen osassa järjestelmää.



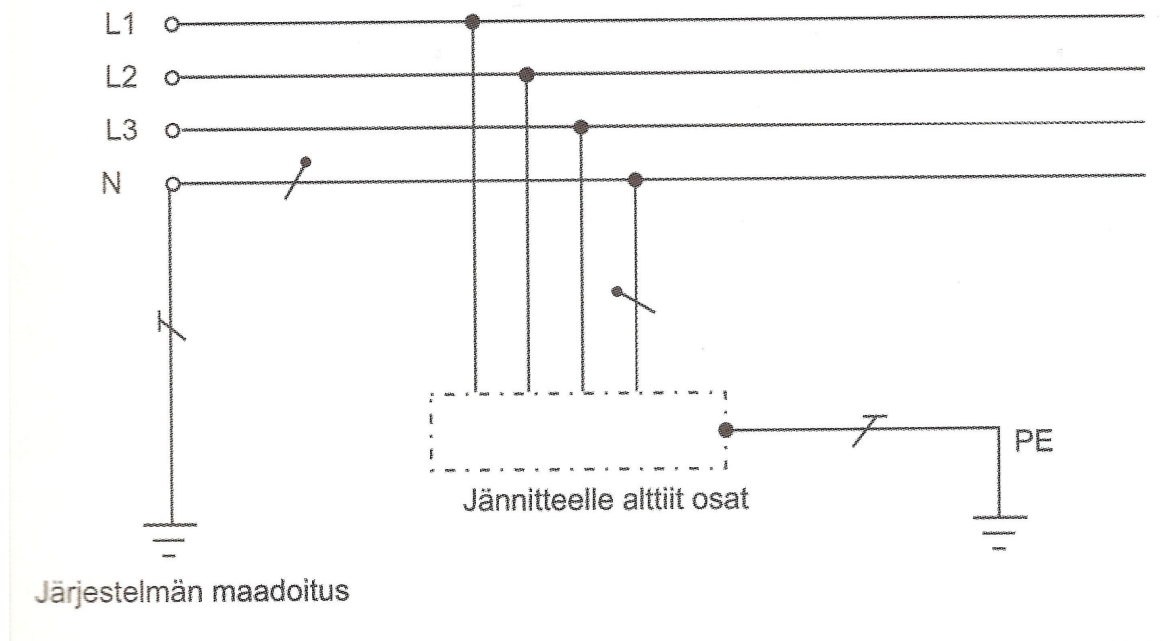
KUVIO 5. TN-C-S-järjestelmä (Maadoituskirja 2007, 26.)

TN-C-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen koko järjestelmässä.



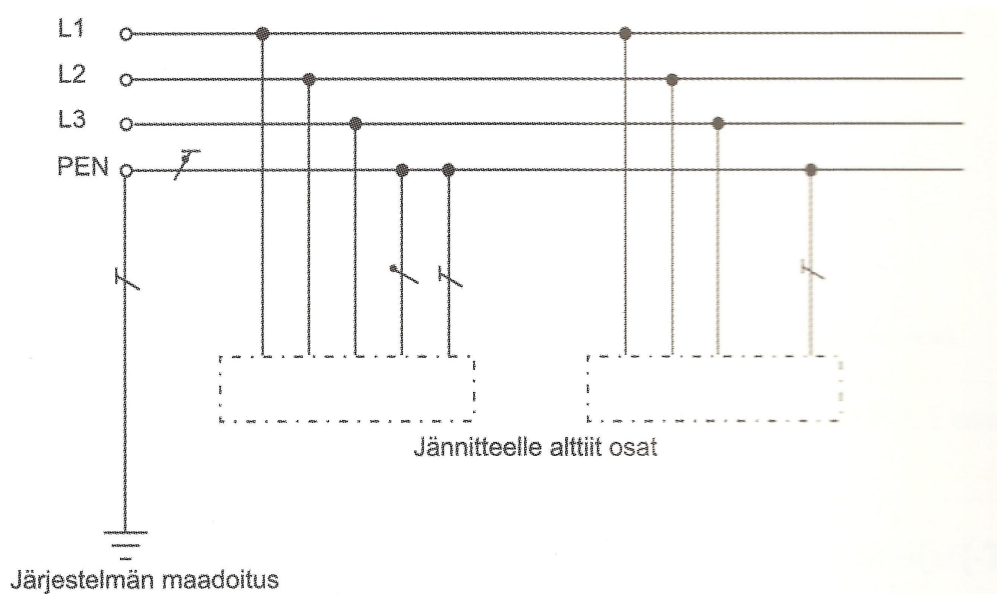
KUVIO 6. TN-C-järjestelmä (Maadoituskirja 2007, 27.)

TT-järjestelmässä yksi piste on maadoitettu suoraan, ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osa on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoituselektrodeista sähköisesti riippumattomiin erillisiin maadoituselektrodeihin. (Maadoituskirja 2007, 27.)



KUVIO 7. TT-järjestelmä (Maadoituskirja 2007, 27.)

IT-järjestelmässä ei ole mitään jännitteistä osaa yhdistetty suoraan maahan. Sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty suoraan maahan. (Maadoituskirja 2007, 28.)



KUVIO 8. IT-järjestelmä (Maadoituskirja 2007, 28.)

Järjestelmien tunnuksissa käytetyt kirjainkoodit on määritelty seuraavasti.

Ensimmäinen kirjain: jakelujärjestelmien maadoitustapa

- T, yksi piste on yhdistetty suoraan maahan.
- I, kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta

Toinen kirjain: sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustapa

- T, jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta
- N, jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen (vaihtosähköverkoissa yleensä maadoitettuun tähtipisteeseen).

Mahdolliset lisäkirjaimet: nolla- ja suojajohtimen keskinäinen järjestely

- S, erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet.
- C, nolla- ja suojamaadoitusjohtintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen (PEN-johdin). (Maadoituskirja 2007, 28.)

3.3.2 Jakelujärjestelmän valinta

Suomessa rakennusten sähköasennuksissa käytetään lähes pelkästään TN-järjestelmiä. Tämän takia tässä esityksessä keskitytään erilaisten TN-järjestelmien käsittelyyn. (Maadoituskirja 2007, 36.)

Aikaisemmin käytettiin yleisesti ns. nollausta, jossa nollajohtimeen oli yhdistetty myös suojajohtimen toiminnot. Olemassa olevassa rakennuskannassa on paljon tällaisia rakennuksia. (Maadoituskirja 2007, 36.)

Nykyisin puhutaan TN-C järjestelmästä ja PEN- johtimesta. PEN-johtimeen on yhdistetty sekä suojajohtimen (PE) että nollajohtimen (N) toiminnot. TN-C-järjestelmään liittyy kuitenkin haittoja, joista vakavimpia on PEN-johtimen katkeamisesta johtuva jännitteelle alttiiden osien tulemin jännitteiseksi. Tätä vaaraa on pienennetty hyväksymällä vain riittävän suuripoikkipintaisten PEN-johtimien käyttö. Vaatimuksena on aina, että PEN-johtimen poikkipinta pitää olla vähintään 10 mm² kuparia tai 16 mm² alumiinia. Siirrettävissä kaapeleissa ei saa käyttää PEN-johdinta, koska näissä PEN-johtimen katkeaminen on todennäköisempää kuin kiinteässä asennuksessa. (Maadoituskirja 2007, 36.)

TN-C-järjestelmää käytetään jakeluverkoissa ja koko asennus onkin useimmiten TN-C-S-järjestelmä. (Maadoituskirja 2007, 37.)

Tietotekniikan laitteistojen lisääntyttä havaittiin TN-C-järjestelmien aiheuttamat hankaluudet myös häiriösuojauksen kannalta. Näitä on esitetty mm. IEC 60364-standardisarjan luvussa 444. Tämän takia ryhdyttiin yleisesti käyttämään erillistä nolla- ja suojajohdinta koko asennuksessa eli TN-S-järjestelmää. Standardisarja SFS 6000 ei vaadi aina käytettäväksi TN-S-järjestelmää, mutta käytännössä tätä kannattaa käyttää aina. Uudisrakennuksissa tämä on helppo toteuttaa. Muutos- ja

laajennustöissä voidaan joutua tekemään tilapäisiä kytkentöjä, joiden avulla saadaan myöhemmin toteutettua puhdas TN-S-järjestelmä. Näistä kytkennöistä on ohjeita mm. standardissa SFS 6000-8-802. (Maadoituskirja 2007, 37.)

Erillisen nolla- ja suojamaadoitusjohtimen käyttöä edellyttää myös lisääntynyt vikavirtasuojien tai vikavirtavaltovantajärjestelmien käyttäminen. (Maadoituskirja 2007, 37.)

Jos TN-C-S-järjestelmää käytetään esim. silloin kun asennukseen liittyy myös rakennuksen ulkopuolisia TN-C-verkkoja, esim. ilmajohtoja, käytetään sitä syötön puolella yleensä vain pääkeskuksessa. Muu verkko tehdään TN-S-järjestelmänä. Nelikiskoiseen pääkeskukseen voidaan suojamaadoitus- ja nollajohtimet liittää keskuksen PEN-kiskoon, kullekin johtimelle pitää kuitenkin olla oma liittimensä. TN-C-järjestelmästä saa siirtyä TN-S-järjestelmään, muttei päinvastoin. (Maadoituskirja 2007, 37.)

Jos tietotekniikan laitteistojen syöttöön käytetään erillistä muuntajaa tai UPS-järjestelmää, pitää tämä verkko rakentaa puhtaana TN-S-järjestelmänä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää IT-järjestelmää. (Maadoituskirja 2007, 37.)

Kaikkiaan sähköasennuksissa käytetään TN-S-järjestelmää, aina kun se on mahdollista. (Maadoituskirja 2007, 37.)

3.4 Potentiaalintasaus

3.4.1 Pääpotentiaalintasaus

Sähköasennuksessa tehtävän pääpotentiaalintasauksen tarkoituksena on ehkäistä vaarallisten jännite-erojen esiintyminen samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välillä. Nämä johtavat osat voivat olla jännitteelle alttiita osia, useimmiten sähkölaitteiden metallisia koteloita tai muita johtavia osia, kuten johtavia putkistoja tai rakennuksen metallisia runkorakenteita tai muita rakennuksessa laajalle ulottuvia johtavia rakenteita. (Maadoituskirja 2001, 26-27.)

Liitettäessä muita johtavia osia potentiaalintasaukseen sen osina voidaan käyttää johtavia rakenneosia, esim. putkistoja tai metallisia runkorakenteita. Potentiaalintasauksen tekemisessä ei ole kieltoa ns. sarjamaadoituksesta, kuten suojamaadoittamisessa on tilanne.

(Maadoituskirja 2007, 41.)

Pääpotentiaalintasaus on tärkeä perusta rakennuksen sähköasennuksen turvallisuudelle. Muut johtavat osat ja asennuksen suojamaadoituspiiri kytketään pääpotentiaalintasaukseen ja näin saadaan potentiaalintasauksen perustaso. Pääpotentiaalintasauksen potentiaalitaso tulee turvallisuus- ja käyttövarmuussyistä olla maan potentiaalia. (Maadoituskirja 2001, 27.)

Pääpotentiaalintasauksen liitännät tehdään tavallisesti rakennusten syöttävän keskuksen (useimmiten pääkeskuksen) lähelle sijoitettavassa pääpotentiaalintasaukiskossa. Jos tähän kiskoon liitetään myös maadoituselektrodille menevä

maadoitusjohdin, kutsutaan kiskoa päämaadoituskiskoksi. (Maadoituskirja 2001, 27.)

Jokaisessa rakennuksessa pääpotentiaalintasausjärjestelmään liitetään toisaalta suojajohdinjärjestelmä ja toisaalta määrätyt muut johtavat osat. (Maadoituskirja 2007, 41.)

Suojajohdinjärjestelmästä pääpotentiaalintasausjärjestelmään liitetään:

- asennusta syöttävän johdon suojamaadoitusjohdin tai PEN-johdin
- maadoituselektrodi, joka voidaan liittää joko maadoituselektrodille menevän maadoitusjohdin tai erillisen päämaadoitusliittimen kautta.

(Maadoituskirja 2007, 41.)

Pääpotentiaalintasaukseen liitetään muut johtavat osat, joita ovat esimerkiksi:

- metalliset putket, joista tulee rakennukseen syöttö, esim. kaasu, vesi, kaukolämpö
- metalliset rakenneosat, keskuslämmitys- ja ilmanvaihtolaitteistot
- rakenteisiin käytetyn teräsbetonin pääteräkset soveltuvin osin.

(Maadoituskirja 2007, 41.)

Pääpotentiaalintasaukseen liitetään myös telekaapelien metallivaipat. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Yleensä kaikki maadoittamista tai potentiaalintasausta vaativat järjestelmät tulee liittää yhteen. Käytännössä niiden erossa pitäminen on mahdotonta. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Harkittaessa muiden johtavien osien liittämistä pääpotentiaalintasaukseen kannattaa ensimmäisenä miettiä, mitä muilla johtavilla osilla tarkoitetaan. Määritelmän

mukaan muu johtava osa on sähköasennukseen kuulumaton osa, jossa voi esiintyä tietty potentiaali, yleensä paikallisen maan potentiaali. Mikä tahansa johtava osa ei ole standardin tarkoittama muu johtava osa, vaan siihen liittyy olennaisesti mahdollisuus muun potentiaalın johtamiseen. Standardin tarkoittamat muut johtavat osat ulottuvat asennuksen ulkopuolelle tai ne liittyvät rakenteisiin, jotka ulottuvat asennuksen ulkopuolelle. Asennuksen ulkopuoli tarkoittaa myös paikallista maata. Jos asennuksessa on hyvin tehty maadoituselektrodi, esim. perustusmaadoituselektrodi, silloin paikallisen maan potentiaali on lähellä sähköasennuksen suojapiirin potentiaalia. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Pääpotentiaalintasaus parantaa turvallisuutta kuitenkin myös silloin, kun sattuu eristysvika ja sen takia yleisperiaatteena voidaan pitää, että kaikki suurikokoiset johtavat osat kannattaa liittää pääpotentiaalintasaukseen, jos pystytään kohtuullisesti toteuttamaan. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Potentiaalintasaukseen liitetään rakennuksen ulkopuolelta tulevat syötöt ja vesikaasu- sekä kaukolämpöjohdot. Nämä johdot liitetään potentiaalintasaukseen mahdollisimman lähellä sitä kohtaa, jossa ne tulevat sisään rakennukseen. Syötöt pitäisi pyrkiä myös järjestämään siten, että ne tulevat sisään rakennukseen samasta kohtaa, jolloin mahdollisesti tulevat jännitteet, esim. ilmastolliset ylijännitteet eivät pääse leviämään rakennuksen rakenteisiin. Jos rakennusta syöttävässä johdossa, esim. vesijohtoputkessa, on vain rakennuksen sisääntulokohdassa lyhyehkö metallinen johto-osa rakennuksen muun ulkopuolisen johdon ollessa muovia, pitää tämä metallinen putkiston osa liittää vain, jos se sijaitsee kosketusetäisyyden päässä potentiaalintasauskiskosta tai rakennusta syöttävästä keskuksesta. Jos metalliset putkiston osat ovat niin lyhyitä, ettei niihin todennäköisesti voi joutua vierasta potentiaalia, tällaista putkea ei tarvitse liittää potentiaalintasaukseen. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Metallisia rakenneosia, joita voidaan liittää potentiaalintasaukseen, ovat esimerkiksi betoniteräkset ja laajat metalliset runkorakenteet. Betonin sisään asennettujen betoniterästen liittäminen potentiaalintasaukseen ei ole pakollista. Betoniterästen ja laajojen metallisten tukirakenteiden liittämällä potentiaalintasaukseen saavutetaan usein hyviä tuloksia paitsi turvallisuuden, myös häiriösuojauksen kannalta, ja se kannattaa tehdä aina kun se on mahdollista, eli käytännössä voidaan tehdä rakenteita rikkomatta. (Maadoituskirja 2007, 42.)

Potentiaalintasaukseen liitetään metalliset vesijohto-, keskuslämmitys-, jäähdytys-, paineilma yms. putkistot. (Maadoituskirja 2001, 28.)

Jos rakennuksessa on laajoja yhtenäisiä ilmanvaihtokanavia, jotka ulottuvat koko rakennukseen, ne liitetään pääpotentiaalintasaukseen. Ilmanvaihtokanavia ei tarvitse liittää pääpotentiaalintasaukseen, jos ilmanvaihtojärjestelmä on suppea, esim. yksittäinen huippuimuri siihen liittyvine kanavineen tai laajat kanavat eivät ole jatkuvia, esimerkiksi on käytetty kumitiivisteillä varustettuja jatkoksia. Tässäkin tapauksessa on sellaiset laajahkot kanavan osat, jotka sijaitsevat kosketusetäisyydellä pääpotentiaalintasaukiskosta tai rakennusta syöttävästä keskuksesta, liitettävä pääpotentiaalintasaukseen. (Maadoituskirja 2001, 28.)

Myös muun tyyppisten johtavien osien liittämistä potentiaalintasaukseen kannattaa harkita. Esim. kaapelihyllyjen liittäminen pääpotentiaalintasaukseen ei ole pakollista, mutta on sattunut tapauksia, joissa kaapelihyllyyn on tullut jännite liikaa kiristetyistä kaarikiinnikkeestä johtuen. Tämän takia myös kaapelihyllyjen liittäminen potentiaalintasaukseen on erittäin suositeltavaa. Kaapelihylly ja muut johdotiet kannattaa liittää potentiaalintasaukseen myös häiriösuojauksen takia. Tästä on ohjeita SFS 6000 luvussa 444 ja standardissa SFS-EN 50174-2. (Maadoituskirja 2007, 43.)

Kaikki potentiaalintasauksen liitokset tulee tehdä luotettavalla tavalla käyttäen hitsausta, juotosta tai sopivia liittimiä. Ruuviliittimien asentamista maahan tai betonivaluun ei suositella. Betoniterästen liittämiseen käytetään mahdollisuuksien mukaan soveltuvaa hitsausmenetelmää, jolloin betoniteräkset voivat toimia myös perustusmaadoituselektrodina. Jos betoniteräksiä ei ole liitetty yhteen hitsaamalla vaan pelkästään sitomalla, ne kannattaa häiriösuojauksen vuoksi liittää pääpotentiaalintasaukseen. (Maadoituskirja 2007, 43.)

Putkien ja kanavien liittämiseen käytetään sopivaa liittintä tai pantarakenteita. Jos on käytettävissä sopivia, riittävästi johtavassa yhteydessä olevia kannatusrakenteita, voidaan potentiaalintasauksen liitos tehdä niiden kautta. (Maadoituskirja 2007, 43.)

Edellä esitetyn kaltainen pääpotentiaalintasaus on tehtävä jokaisessa sähköverkkoon liitettyssä rakennuksessa. Maadoituselektrodi pitää tehdä kuitenkin yleensä vain yhdelle rakennukselle sähköliittymässä. Eri rakennuksissa voi olla eri määrä muita johtavia osia, jotka liitetään pääpotentiaalintasaukseen. Joissain pienissä rakennuksissa tällaisia osia ei ole lainkaan. Jos rakennus on pieni, eikä siinä ole jakokeskusta eikä laajoja muita johtavia osia, ei siinä tarvitse tehdä pääpotentiaalintasauksia. (Maadoituskirja 2001, 28.)

Pääpotentiaalintasaus tehdään jokaisessa rakennuksessa ja liitännät tehdään tavallisesti rakennusta syöttävän keskuksen (pääkeskuksen) lähelle sijoitettavassa päämaadoituskiskossa. Pääpotentiaalintasaukseen liitetään kaikkien rakennuksen keskusten suojakiskot. Jos rakennusta syötetään useasta keskukselta, joista mikään ei ole pääkeskus, tehdään potentiaalintasaus jonkin keskuksen luona. Yleensä tällaisessa tapauksessa kaikkien rakennusta syöttävien johtojen pitää olla TN-S-järjestelmän mukaisia. (Maadoituskirja 2007, 44.)

Pääpotentiaalintasauksen kaltainen potentiaalintasaus voidaan, varsinkin suurissa rakennuksissa, suorittaa myös muualla rakennuksessa. Pääkeskuksen lisäksi voidaan esimerkiksi rakennuksen katolla olevassa ilmanvaihtokonehuoneessa suorittaa potentiaalintasaus, joka yhdistetään ko. tilassa olevan jakokeskuksen suojakiskoon tai PEN-kiskoon. Jos rakennuksessa on käytössä PEN-johtimia, on huomiota kiinnitettävä tämän potentiaalintasauksen aiheuttamiin häiriövirtoihin. (Maadoituskirja 2007, 44.)

3.4.2 Lisäpotentiaalintasaus

Lisäpotentiaalintasaus tehdään silloin, kun erityisesti halutaan välttää haitallisia potentiaalieroja, tai syötön nopealla poiskytkennällä ei saavuteta kosketusjännitesuojauksia. Kun lisäpotentiaalintasaukseen käytetään kosketusjännitesuojaukseen syötön nopean poiskytkennän sijasta, on otettava huomioon myös, että esimerkiksi johtojen oikosulkusuojauksen takia pitää useimmissa tapauksissa kuitenkin syöttö kytkeä pois riittävän nopeasti. (Maadoituskirja 2001, 29.)

Lisäpotentiaalintasauksen käyttö on ollut harvinaista. Sitä käytetään lähinnä lääkintätiloissa standardin SFS-6000-7-710 mukaan, eläinsuojissa standardin SFS 6000-7-705 mukaan ja ahtaissa johtavissa tiloissa standardin SFS 6000-7-706 mukaan. (Maadoituskirja 2007, 44.)

Lisäpotentiaalintasaukseen käytetään usein myös peseytymistiloissa ja uima-allastiloissa. Lisäpotentiaalintasauksen merkitys on kuitenkin vähäinen, koska nykyään käytetään paljon muovisia putkia ja rakennuksessa on tehty pääpotentiaalintasaus. Tämän takia Suomessa ei vaadita lisäpotentiaalintasauksen käyttöä. (Maadoituskirja 2007, 44.)

Lisäpotentiaalintasaukseen on yhdistettävä kaikki samanaikaisesti kosketeltavat kiinteiden sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat. Kuten pääpotentiaalintasauksessa on tässäkin tapauksessa erittäin suositeltavaa liittää myös betoniraudoitus. Lisäpotentiaalintasausjärjestelmä on liitettävä suojajohdinjärjestelmään. Myös pistorasioiden suojamaadoitusjohtimet liitetään lisäpotentiaalintasausjärjestelmään. Jännitteelle alttiit osat kytketään yleensä keskuksen suojakiskon kautta, joka liitetään lisäpotentiaalintasauskiskoon, johon liitetään muut johtavat osat suoraan. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien ja muiden johtavien välisen lisäpotentiaalintasausyhdistyksen resistanssi tulee olla niin pieni, että samanaikaisesti kosketeltavien osien välillä vikatapauksessakin voi esiintyä tilasta riippuen vain 50 V tai 25 V potentiaaliero. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Lisäpotentiaalintasauksen voi muodostaa kiinteän laitteen muu johtava osa, kuten metallin tukirakenne, lisäjohdin tai näiden yhdistelmä. (Maadoituskirja 2007, 45.)

3.5 Eri maadoitusjärjestelmien liittäminen yhteen

Rakennuksissa voi olla normaalin sähköverkkoon liittyvien maadoitusten lisäksi muitakin maadoitusjärjestelmiä, kuten:

- suurjännitejärjestelmien maadoituksia
- telejärjestelmien maadoituksia
- toiminnallisia maadoituksia
- ukkossuojausjärjestelmien maadoituksia.

(Maadoituskirja 2007, 45.)

Yleisperiaatteena voidaan pitää, että rakennuksessa on vain yksi maadoitusjärjestelmä, johon kaikki maadoitusta vaativat järjestelmät liitetään. Suurjännitepuolen maadoitukset liitetään yhteen pienjännitepuolen maadoitusten kanssa rakennusten ulkopuolella olevissa muuntamoissa. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Jos eri rakennusten maadoitukset liitetään yhteen esim. tiedonsiirtokaapelin vaippojen kautta, voi siitä aiheutua häiriöitä ellei niitä syötetä TN-S-järjestelmällä. Näitä häiriöitä voidaan välttää esim. käyttämällä tiedonsiirtokaapeleina valokaapeleita tai syöttämällä tietotekniikan laitteita erillisellä muuntajalla. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Toiminnalliset maadoitukset (Functional Earthing FE) ovat maadoituksia, jotka tehdään laitteen toiminnan, eikä suojauksen takia. Toiminnallisia maadoituksia tehdään suojausluokan 2 laitteisiin ja PELV-jännitteellä syötettyihin laitteisiin. Toiminnallisia maadoituksia käsitellään standardisarjan SFS 6000 luvussa 4-444. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Ukkossuojauksen takia tehtyjen maadoitusten vaatimuksia on annettu mm. SFS-käsikirjassa 33 ja standardissa IEC 62305. (Maadoituskirja 2007, 45.)

3.6 Ukkossuojauksen liittyminen maadoituksiin.

Rakennusten suojauksessa käytetään varsinaisia ukkossuojausjärjestelmiä, joilla torjutaan suoraan rakennukseen tai sen lähistölle osuvien suorien salamaniskujen vaikutuksia, sekä näiden ohella ylijännitesuojia rajoittamaan rakennukseen liittyvien sähkö- ja telejohtojen myötä tulevia ylijännitteitä. Ylijännitesuojien tarkoituksena on myös suojata rakennukseen tulevia sähkö- ja telejohtoja salaman iskiessä rakennukseen tai sen välittömään läheisyyteen. Rakennusten ukkossuojauksesta on ollut käytettävissä kansallisia määräyksiä ja suosituksia, ja runsaat viisitoista vuotta sitten aloitettiin myös kansainvälinen standardointitoiminta. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 55.)

Ukkossuojausjärjestelmän maadoituselektrodiksi on Suomessa hyväksytty rakennuksen sähköverkkoliitännän maadoituselektrodi. Myös perustuksen raudoitus on suositeltu liitettäväksi ukkossuojausjärjestelmään. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 67.)

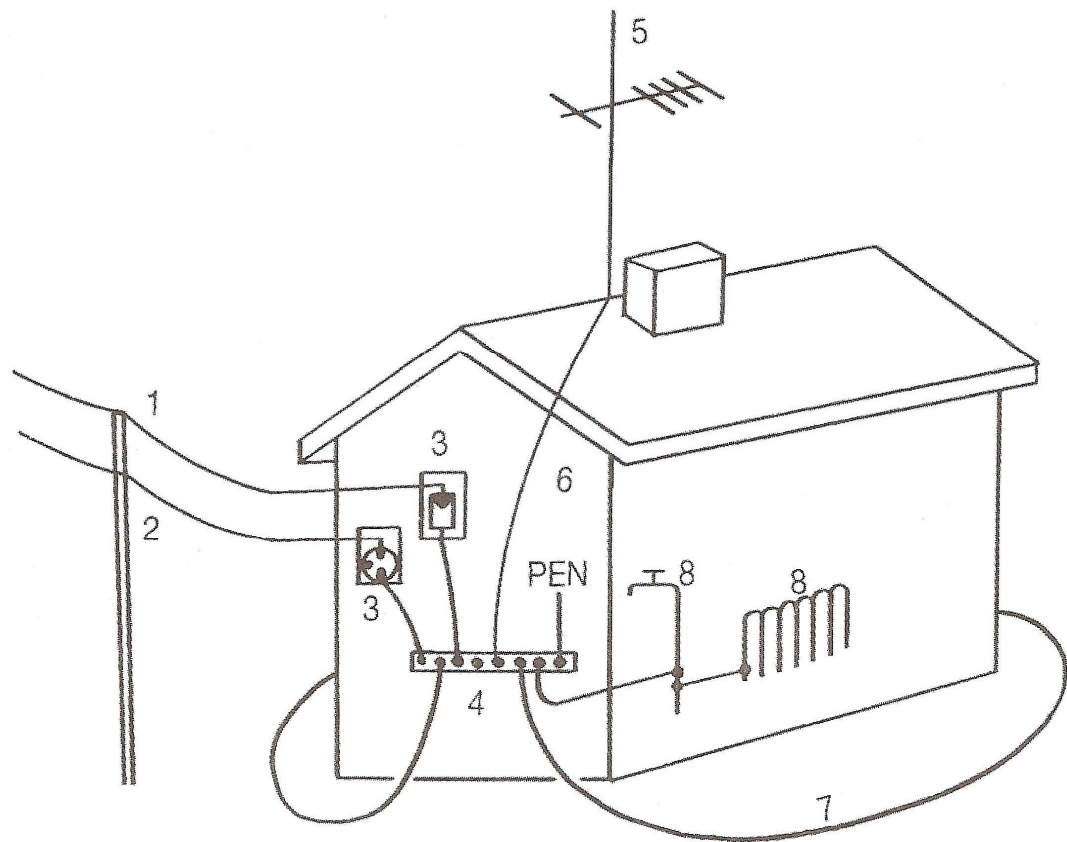
Asuinrakennuksen maadoituselektrodi kannattaa ukkossuojausmielessä rakentaa rakennusta ympäröiväksi renkaaksi, jolloin läheisyyteen osuvien salamoiden aiheuttamat virrat ohjautuvat suoraan pienjänniteverkon maadoituksiin, eikä niiden tarvitse käydä rakennuksen sisällä. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 36.)

Ukkossuojajohdin liitetään suoraan maadoituselektrodiin, mutta siitä viedään haara rakennuksen päämaadoituskiskoon.

Rakennuksen sisäinen ukkossuojausjärjestelmä perustuu potentiaalintasaukseen ja turvaväliden ylläpitämiseen. Viimeksi mainittua tarvitaan vaarallisen kipinöinnin

estämiseksi silloin, kun potentiaalintasausta ei voida toteuttaa. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 70.)

Potentiaalintasauksella on erittäin keskeinen merkitys hengen-, palo- ja räjähdysvaaran pienentämisessä suojattavan alueen sisällä. Potentiaalintasauksen suorittaminen voi olla välttämätöntä myös tilanteissa, joissa ulkoista ukkossuojausjärjestelmää ei ole käytetty. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 70.)



KUVIO 9. Kaaviokuva rakennuksen ukkossuojauksen pääperiaatteista.

1=sähköjohto, 2=telejohto, 3=ylijännitesuoja, 4=maadoituskisko (potentiaalintasauskisko), 5=suoran salamaniskun vastaanottava rakenne eli salamanvangitsija, tässä tapauksessa antenni, 6=antennimaadoitusjohdin, 7=rakennuksen maadoitus, 8=rakennuksen metalliosat, PEN= yhdistys pääkeskuksen PEN- tai PE-johtimeen. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005, 56.)

4 MAADOITUKSEN KOMPONENTIT

4.1 Komponentit

Rakennusten maadoitus koostuu monesta eri komponentista mm. maadoituselektrodista, maadoitus- ja potentiaalintasauskiskoista, suoja-, maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimista sekä erilaisista pannoista ja liittimistä. Tässä kappaleessa käsitellään hieman komponenttien tyyppejä, ratkaisu vaihtoehtoja ja mitoittamisia.

4.2 Maadoituselektrodi

Maadoituselektrodilla voi olla monta eri käyttötarkoitusta. Maadoituselektrodi rakennetaan useimmiten sähkölaitteiston suojausvaatimusten takia, mutta sama elektrodi voi olla esimerkiksi myös osana ukkossuojausjärjestelmää. Maadoituselektrodin käyttötarkoituksella on merkitystä käytettävän elektrodirakenteeseen ja myös vaadittavaan maadoitusresistanssin arvoon. Maadoituselektrodilla saadaan aikaan johtava yhteys maahan, mutta sillä on merkitystä myös potentiaalintasauksen kannalta. (Maadoitusopas 2009, 45)

Maadoituselektrodin on oltava korroosiolle vastuskykyinen, rakenteeltaan luotettava ja mitoitukseltaan riittävä. Maadoituselektrodin tehokkuus riippuu maaperän paikallisista ominaisuuksista. On valittava yksi tai useampi maadoituselektrodi, joka soveltuu maaperän ominaisuuksiin ja vaadittavaan maadoitusresistanssin arvoon. (Maadoitusopas 2009, 45)

4.2.1 Pienjänniteliittymän maadoituselektrodi

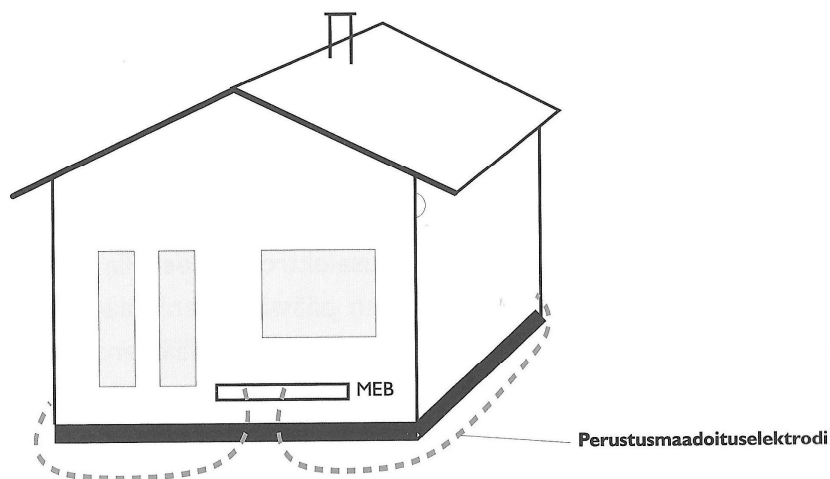
Jokaisessa sähköliittymässä tulee olla maadoituselektrodi. Samoin, jos sähköliittymän sisäisessä, rakennusten ulkopuolisessa verkossa käytetään PEN-johdinta, maadoituselektrodi tulee olla jokaisen vähintään 200 m pituisen johtohaaran päässä tai enintään 200 m etäisyydellä siitä. Liittymän maadoituselektrodi tehdään ensisijaisesti liittymän sähköasennuksen turvallisuuden varmistamiseksi, mutta elektrodi toimii käytännössä myös osana jakeluverkon maadoitusjärjestelmää, koska pienjännite- ja keskijänniteverkon maadoitukset ovat yhdistetty toisiinsa muuntajalla. (Maadoitusopas 2009, 45)

Pienjänniteliittymän maadoituselektrodille ei ole vaatimuksia suurimmasta maadoitusresistanssi arvosta. Elektrodivaatimuksilla pyritään ensisijaisesti hyvään potentiaalintasausvaikutukseen. Pieni maadoitusresistanssi arvo parantaa kuitenkin laitteiston käytön turvallisuutta PEN-johtimen katketessa jakeluverkossa. Mikäli sähköasennuksessa on nollattuja sähkölaitteita, PEN-johtimen katkeaminen siirtää vaihejännitteen sähkölaitteen jännitteelle alttiisiin osiin. (Maadoitusopas 2009, 45-46)

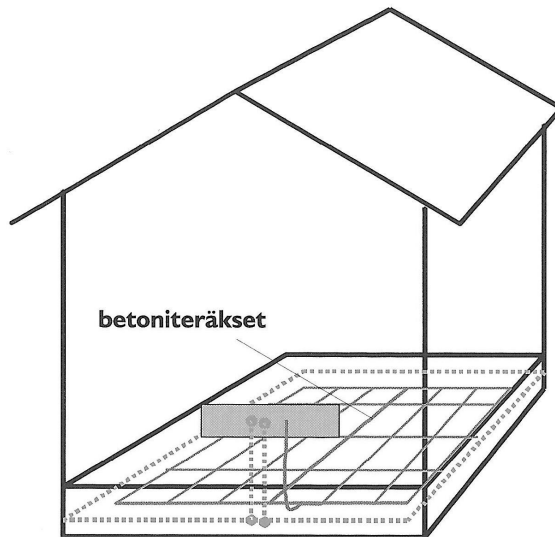
Maadoituselektrodien materiaalit ja vähimmäismitat mekaanisen lujuuden ja korroosionkestävyyden takia oleva taulukko löytyy liitteestä 1 (LIITE 1). Detalji kuvat maadoituksen liitänperiaatteesta maadoituselektrodiin (LIITE 2) ja maadoituksen liitäntä betoniraudoitukseen (LIITE 3). Liitteet ovat hyvät ja antavat hyvät kuvat maadoitusten liitännöistä ja maadoituselektrodien materiaaleista.

4.2.2 Perustusmaadoituselektrodi

Standardi SFS 6000 edellyttää, että maadoituselektrodina käytetään ensisijaisesti perustusmaadoituselektrodia. Perustusmaadoituselektrodilla tarkoitetaan yleensä suljetun renkaan muotoista johtavaa osaa, joka on upotettu maahan rakennusten perustusten alle tai ensisijaisesti upotettu rakennusten perustuksen betoniin. Maadoituselektrodin minimi poikkipinta on $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ tai 90 mm^2 kuumasinkittyä tai ruostumatonta terästä. Silloin kun perustusmaadoituselektrodina käytetään perustuksiin upotettua terästä, teräkset tulee liittää toisiinsa hitsaamalla tai muulla sellaisella tavalla että saadaan aikaan luotettava liitos. (Maadoitusopas 2009, 46)



KUVIO 10. Perusmaadoituselektrodin sijoittaminen perustusten alle. (Maadoitusopas 2009, 46)



KUVIO 11. Perustusmaadoituselektrodin sijoittaminen perustuksiin. (Maadoitusopas 2009, 47)

Jotta perustusmaadoituselektrodi voitaisiin toteuttaa, tulee sähköurakoitsijan olla riittävän aikaisin rakennustyömaalla. Varsinkin pienkohteissa perustusmaadoituselektrodin tekeminen voi olla hankalaa siihen saakka, kunnes rakennuspuolelle saadaan riittävästi tietoa elektrodivaatimuksesta. Standardi hyväksyy muita elektrodirakenteita, mikäli perustusmaadoituselektrodia ei jostain syystä voida rakentaa. (Maadoitusopas 2009, 47)

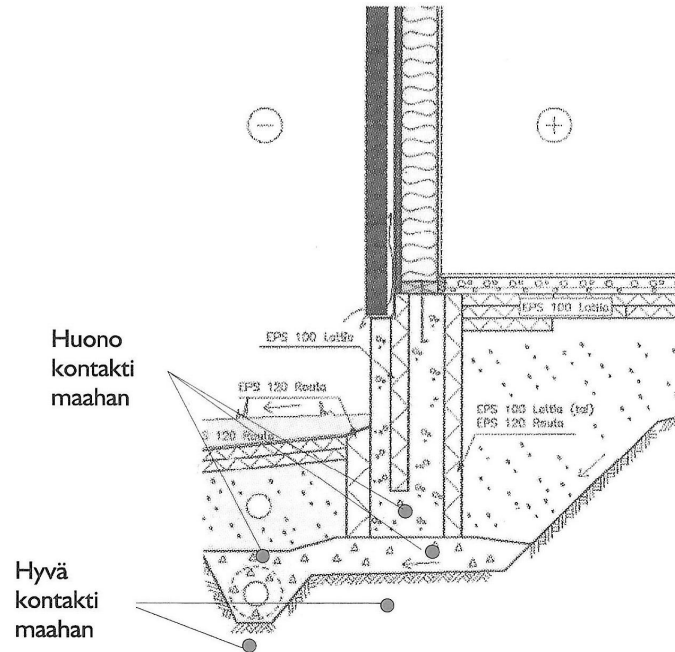
Perustusmaadoituselektrodin potentiaalintasausvaikutus ei ulotu rakennusten ulkopuolelle, eikä sillä välttämättä saada aikaan pientä maadoitusresistanssia varsinkaan silloin, kun perustus on erotettu maasta lämpöeristeellä tai kivikerroksella. Haluttaessa tällaisissa tapauksissa pientä maadoitusresistanssin arvoa maadoitusta voidaan täydentää hyvin johtavaan maahan asennetulla lisäelektrodilla. (Maadoitusopas 2009, 47)

Maadoituselektrodi on liittymäkohtainen vaatimus, mutta suositellaan, että perustusmaadoituselektrodi tehtäisiin liittymän jokaiseen rakennukseen, koska perustusmaadoituselektrodin potentiaalintasausvaikutus ulottuu ainoastaan siihen ra-

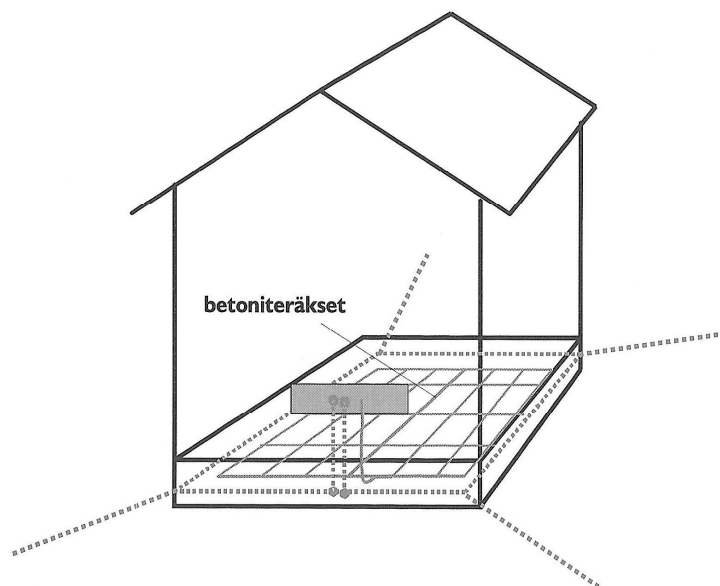
kennukseen, jonka yhteyteen se on rakennettu. Sähkösuunnitelmissa ja urakkasopimuksissa tulee ottaa kantaa, tehdäänkö elektrodi jokaiselle rakennukselle. (Maadoitusopas 2009, 47)

Perustusmaadoituselektrodi voi olla perustusten sisällä, jolloin materiaalina voidaan käyttää terästä. Elektrodin voidaan käyttää erityisesti elektrodikäyttöön tarkoitettua sinkittyä lattaterästä tai normaalia betoniterästä. Elektrodin pitää olla luotettavasti jatkuva, eli betoniteräkset on hitsattava yhteen tai on käytettävä erityisiä jatkoksia. Normaali sitominen ei riitä, jos teräksiä käytetään maadoituselektrodina. Betonin sisään asennettu teräs on sellaisenaan suojattu korroosiolta, mutta tarvittaessa teräsosat jotka nousevat betonista ulos, voidaan korroosiosuojata. Riittävän johtavuuden takaamiseksi pitää betonissa, johon elektrodi sijoitetaan olla vähintään 240 kg sementti / m³ betonia. (Maadoitusopas 2009, 48)

Perustamaadoituksella pyritään ensisijaisesti parantamaan potentiaalintasausta. Normaalisti TN-järjestelmässä ei maadoitusresistanssilla ole merkitystä, jolloin perustusmaadoitus voidaan tehdä myös sellaiseen perustukseen, joka sijaitsee huonosti johtavalla alustalla, esim. kallion päällä tai perustuksen ja maan välissä on lämpöeristekerros tai muu huonosti johtava kerros. Jos tällaisessa liittymässä tarvitaan myös hyvä yhteys maahan, esim. ukkossuojauksen takia, maadoituselektrodia voidaan täydentää rakentamalla maadoitusjärjestelmään liittyviä säteittäisiä elektrodeja, jotka upotetaan hyvin johtavaan maaperään. (Maadoitusopas 2009, 48)



KUVIO 12. Pientalon perustuksen rakenne. (Maadoitusopas 2009, 48)



KUVIO 13. Perustusmaadoituselektrodiä voidaan täydentää säteittäisillä elektrodeilla, mikä parantaa myös ukkossuojausta. (Maadoitusopas 2009, 48)

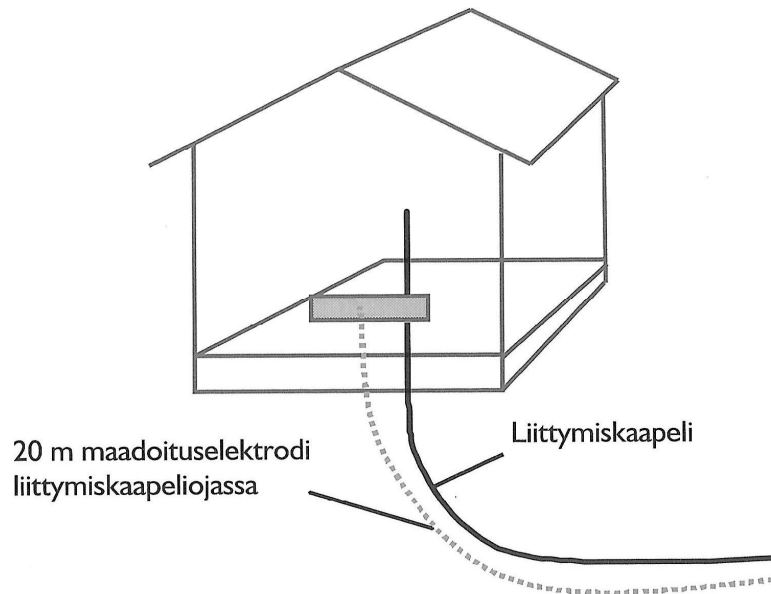
Perustusmaadoituselektrodi ja muunlainen renkaan muotoon asennettu elektrodi suositellaan asennettavaksi niin, että elektrodille menee kaksi johdinta ja rengas

sulkeutuu päämaadoituskiskolla. Kun elektrodille menevät maadoitusjohtimet asennetaan sähköisesti erilleen toisistaan esim. käyttämällä toisessa johtimessa eristepäällysteistä johdinta, elektrodin eheys on helppo mitata. (Maadoitusopas 2009, 49)

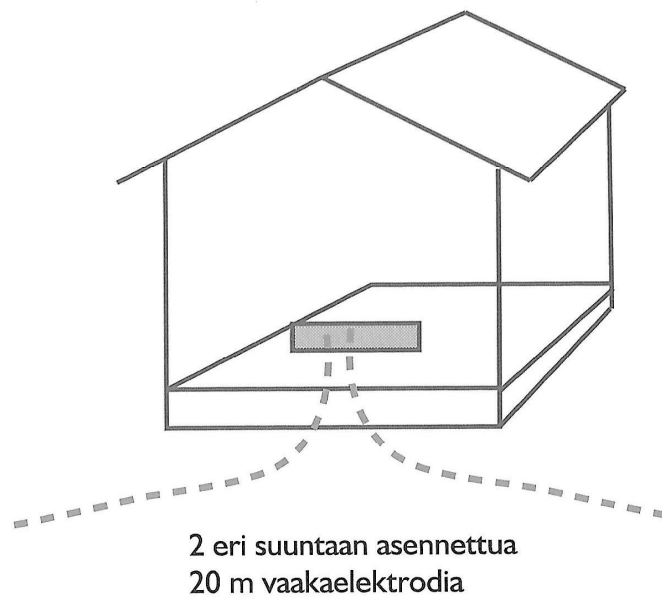
4.2.3 Muut elektrodirakenteet

Vaihtoehtoisesti perustusmaadoituselektrodi voi sijaita perustusten alla tai välittömästi perustusten ulkopuolella. Materiaalin pitää tällöin olla vähintään 16 mm² kuparijohdinta tai köyttä. (Maadoitusopas 2009, 49)

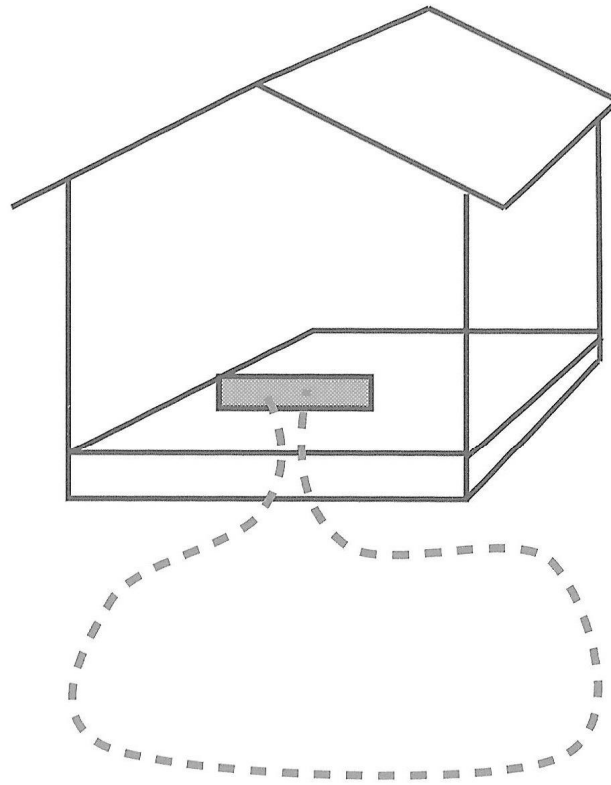
Jos perustusmaadoituselektrodin rakentaminen ei jostain syystä ole mahdollista, esim. maadoituselektrodi tehdään olemassa olevaan rakennukseen, voidaan maadoituselektrodin minimirakenteena käyttää muita rakenteita. Elektrodina voidaan käyttää vähintään 20 m pitkää vaakaelektrodia, joka asennetaan siten, ettei elektrodi vahingoitu helposti esim. kaivutöiden takia. Elektrodi voidaan asentaa rakennusta syöttävän kaapelin kanssa samaan ojaan tai lähelle perustuksia, jolloin se on suojattu vahingossa tapahtuvalta katkaisemiselta. Jos maadoituselektrodia ei voida asentaa siten, että se on suojattu vahingoittumiselta, pitää käyttää eri suuntiin sijoitettua vähintään 20 m pitkää vaakaelektrodia tai mieluummin yhtä vähintään 40 m pitkää renkaan muotoista elektrodia. (Maadoitusopas 2009, 49-50)



KUVIO 14. Maadoituselektrodi kaapeliojassa. (Maadoitusopas 2009, 50)

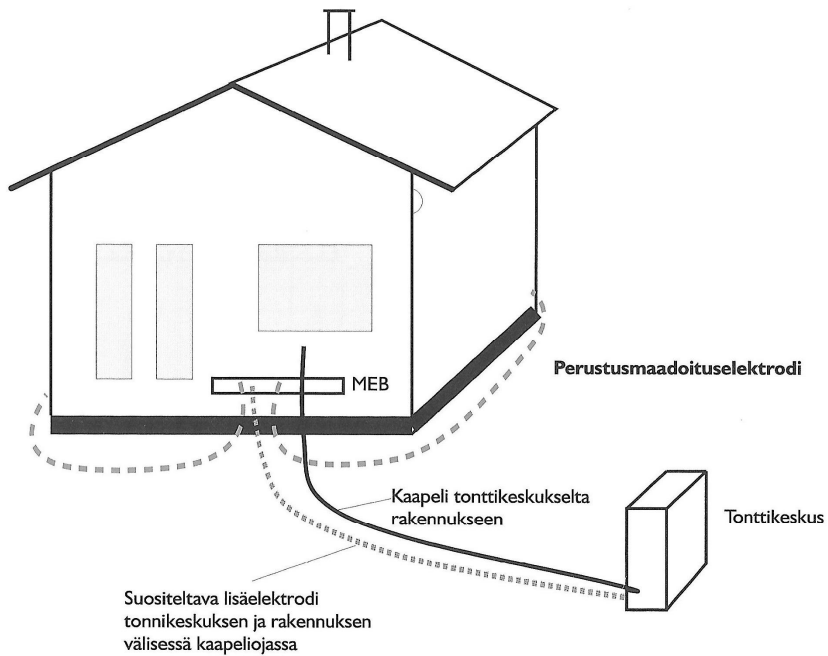


KUVIO 15. Maadoituselektrodi silloin, kun se ei ole suojattu vahingoittamiselta.
(Maadoitusopas 2009, 50)

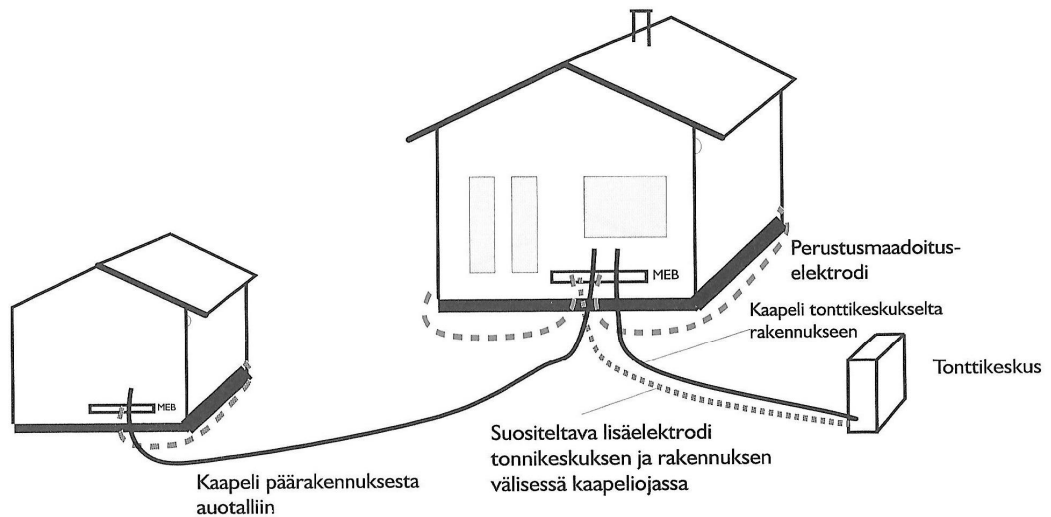


40 m silmukka

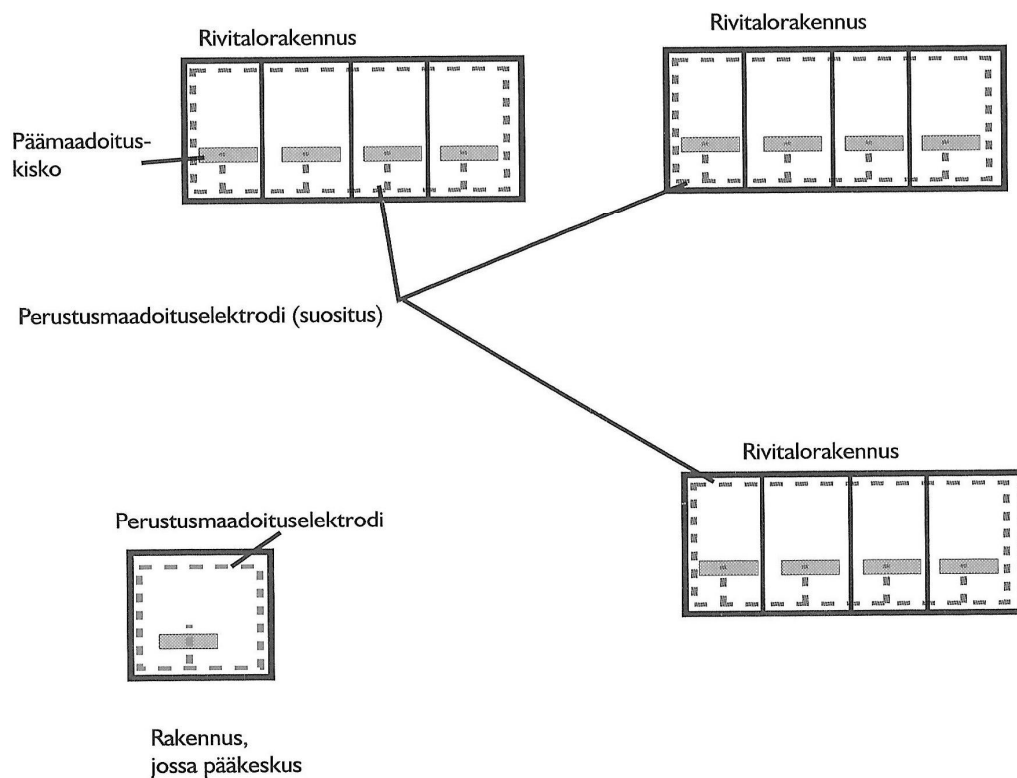
KUVIO 16. Renkaan muotoinen maadoituselektrodi. (Maadoitusopas 2009, 51)



KUVIO 17. Maadoituselektrodi omakotitalossa, jossa on tonttikeskus. (Maadoitusopas 2009, 51)



KUVIO 18. Maadoituselektrodi omakotitalossa, jossa on erillinen autotalliraken-
nus. (Maadoitusopas 2009, 52)



KUVIO 19. Rivitalokiinteistön maadoituselektrodi, minimivaatimuksena on liit-
tymäkohtainen maadoituselektrodi ja rakennuskohtainen potentiaalintasaus.
(Maadoitusopas 2009, 52)

4.3 Kiskot

Päämaadoituskisko tai liitin, joka on osa maadoitusjärjestelmää ja johon voidaan liittää maadoittamista varten useita johtimia. Päämaadoituskisko toimii maadoitusten ja potentiaalintasausten koontipisteenä. Jokainen maadoituskiskoon liitettävä johdin pitää voida irrottaa yksitellen. Tämän takia käytetään yleensä kisko-tyyppistä liitinrakennetta. (Maadoitusopas 2009, 12)

Päämaadoituskiskoa voidaan laajentaa siten, että se ulottuu koko rakennukseen. Tällöin puhutaan maadoituksen liitöntäkiskosta. Tämä mahdollistaa tietoliikenne-laitteiden maadoitusten liittäminen mahdollisimman lyhyellä yhdistysjohdolla päämaadoituskiskoon. (Maadoitusopas 2009, 12)

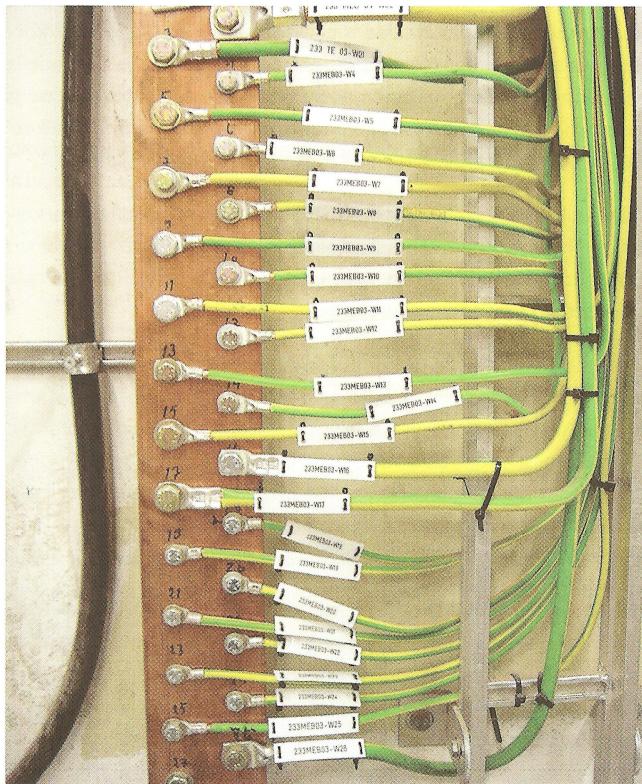
Monissa uusissa rakennuksissa tai esimerkiksi loma-asunnoissa on hyvin vähän johtavia osia, jotka tulisi yhdistää maadoituskiskoon. Tällöin kisko voidaan korvata maadoitusliittimellä. Monesti on kuitenkin järkevää käyttää näissäkin tapauksissa kiskoa mahdollisten lisäysten helpottamiseksi. (Maadoitusopas 2009, 13)

Päämaadoituskisko asennetaan yleensä rakennuksen suurimman keskuksen läheisyyteen. Kiskoon on päästävä käsiksi. (Maadoitusopas 2009, 13)

Kiskon sijoittaminen keskuksen sisälle ei ole perusteltua, koska liitoksia tehtäessä voitaisiin joutua jännitteisten osien läheisyyteen. (Maadoitusopas 2009, 13)

Potentiaalintasauskisko, joka on osa potentiaalintasausjärjestelmää ja johon voidaan liittää potentiaalintasaukseen käytettäviä johtimia. Jos kiskoon liitetään maadoitusjohdin, kiskoa nimitetään päämaadoituskiskoksi. (Maadoitusopas 2009, 27)

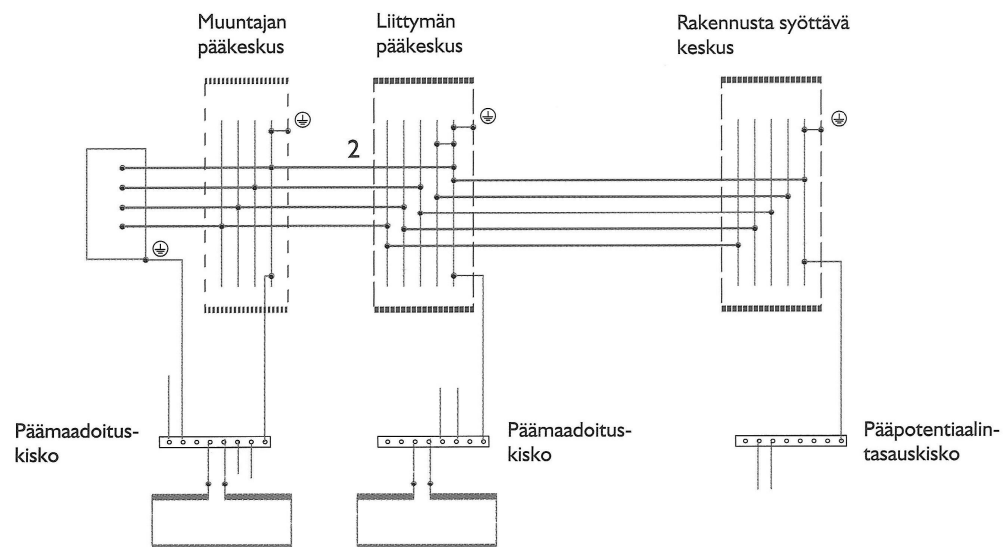
Vaihtoehtoisia ratkaisuja maadoituskiskoista detalji kuvana (LIITE 4).



KUVIO 20. Jokainen päämaadoituskiskoon liitetty johdin on voitava irrottaa erikseen ja johtimet on voitava tunnistaa. (Maadoitusopas 2009, 13)



KUVIO 21. Erilaisia kiskoja.

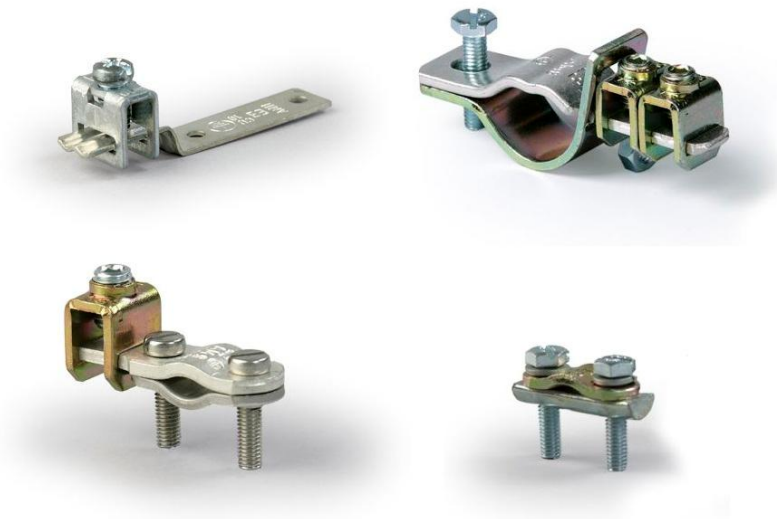


KUVIO 22. Päämaadoituskisko ja pääpotentiaalintasauskisko. (Maadoitusopas 2009, 27)

4.3 Liittimet ja pannat

Liittimien ja pantojen pääasiallinen käyttö on maadoitusjohtimien liittäminen erilaisiin putkistoihin. Maadoitusliitintä voidaan käyttää myös maadoitusjohtimien liittämiseen rakennuksen betonirauδοitukseen.

Putkien ja putkiryhmien maadoitusliitäntöjä hitsaamalla ja käyttämällä maadoitusvanteita detalji kuvissa (LIITE 5) ja (LIITE 6).



KUVIO 23. Erilaisia liittimiä



KUVIO 24. Maadoitusvanteita ja vannekiristin

4.5 Johtimet

Suojajohtimella on hyvin keskeinen osa sähköasennuksen suojauksessa, joten sen luotettavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Suojajohdin on voitava selkeästi tunnistaa muista johtimista. Suojajohtimesta käytetään myös nimitystä suoja-maadoitusjohdin, varsinkin, kun puhutaan ryhmäjohdon suojajohtimesta. (Maadoitusopas 2009, 10)

Maadoitusjohdin muodostaa asennuksen, järjestelmän tai laitteen määrätyn osan ja maan välille johtavan yhteyden tai osan tästä yhteydestä. (Maadoitusopas 2009, 11)

Johtimien mitoituksesta on olemassa hyvä taulukko SFS 6000 liite 54B (LIITE 8). Liitteenä on myös hyvin havainnollinen maadoitusdokumentti ST-kortistosta, missä näkyy johtimien poikkipintoja (LIITE 7).

4.5.1 Suojajohtimen mitoitus ja valinta

Suojajohtimen poikkipinta määritetään joko laskemalla yhtälön 1. mukaan tai valitsemalla taulukon 3 mukaan. Suurilla johdinpoikkipinnoilla laskeminen johtaa useimmiten taloudellisempaan lopputulokseen. (Maadoituskirja 2007, 29.)

Kunkin suojajohtimen poikkipinnan on täytettävä standardin SFS 6000 osan 4-41 mukaisesti syötön automaattisen poiskytkennän ehdot. Johtimen on kestettävä prospektiivinen vikavirta. (SFS 6000, 323)

Suojajohtimen poikkipinnan pitää olla (kaavaa voidaan soveltaa vain, jos poiskytkentäaika on enintään 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k}$$

(1)

missä S on suojajohtimen poikkipinta (mm²), I on suojalaitteen kautta kulkeva vikavirran tehollisarvo (A), kun tapahtuu hyvin pieni-impedanssinen maasulku, t on suojalaitteen toiminta-aika (s), k on kerroin, jonka arvo riippuu suojajohtimien raaka-aineesta, eristyksestä ja muusta rakenteesta sekä johtimelle sallituista alku- ja loppulämpötiloista.

Huom. Piirin impedanssin virtaa rajoittava vaikutus ja suojalaitteen virranrajoituskyky I²t suositellaan otettavaksi huomioon.

Piirin impedanssin virtaa rajoittava vaikutus ja suojalaitteen virranrajoituskyky (I²t) pitää ottaa huomioon.

Jos kaavasta saadaan poikkipinnan arvo, jota ei ole käytettävän johtimen tyyppi-kohtaisessa standardissa, on valittava poikkipinnaltaan seuraava suurempi standardijohdin.

Tiloissa sallitut lämpötilojen raja-arvot käyvät ilmi standardissa EN 60079-0.

Koska standardissa IEC 60702-1 mukaisilla mineraalieristeisten kaapelien metallivaipoilla on suurempi virran kestävyys kuin äärijohtimilla, metallivaippojen pinta-alojen ei tarvitse laskea, kun niitä käytetään suojajohtimina.

(SFS 6000, 323)

TAULUKKO 3. Suojajohtimen ja äärijohtimien poikkipintojen suhteet.

Äärijohtimen poikkipinta S mm ²	Vastaavan suojajohtimen minimipoikkipinta mm ²	
	Suojajohdin on samaa materiaalia kuin äärijohtin	Suojajohdin on eri materiaalia kuin äärijohtin
$S \leq 16$	S	$k_1/k_2 \times S$
$16 < S \leq 35$	16 ^a	$k_1/k_2 \times 16$
$S > 35$	$S/2$ ^a	$k_1/k_2 \times S/2$
k1 on äärijohtimen materiaalista ja eristyksestä riippuva kertoimen k arvo, joka on esitetty standardin SFS 6000 taulukossa A.54.1 tai osan 4-43 taulukoissa		
k2 on kertoimen k arvo, joka on esitetty standardin SFS 6000 taulukoissa A 54.2...A 54.6		
^a PEN-johtimen poikkipinnan pienentäminen on sallittu vai noudattamalla standardin SFS 6000 osan 5-52 nollajohtimen mitoituksen sääntöjä		

Sellaisen erillisen suojajohtimen poikkipinnan, joka ei ole kaapelivaipan sisällä tai äärijohtimen kanssa samassa asennusputkessa, on oltava vähintään:

- 2,5 mm², jos suojajohdin on mekaanisesti suojattu ja
- 4 mm², jos mekaanista suojaa ei ole.

(Maadoituskirja 2007, 30.)

Jos suojajohdin on usean virtapiirin yhteinen, se on mitoitettava suurimman vaihejohtimen poikkipinnan mukaan. (Maadoituskirja 2007, 30.)

Kun suojajohtimen poikkipinta määritellään laskemalla, virtana käytetään suojajohtimen kautta kulkevaa vikavirran tehollisarvoa (A), kun vika tapahtuu olemattoman pien impedanssin kautta. Piirin impedanssin virtaa rajoittava vaikutus ja suojalaitteen virranrajoituskyky (I^2t) voidaan ottaa huomioon. (Maadoituskirja 2007, 30.)

Suojajohdin voi olla

- monijohtimisen kaapelin johdin
- eristetty tai paljas johdin äärijohtimien kanssa samassa kotelossa
- kiinteästi asennettu paljas tai eristetty johdin
- eräiden kaapelien metallinen vaippa, armeeraus tai konsentrinen johdin
- tietty muu johtava osa.

(Maadoituskirja 2007, 30.)

Suojajohdin voi olla määrätyillä ehdoilla myös tehdasvalmisteisen kytkinlaitoksen ja kosketinkiskon runko tai kotelointi. Myös muut johtavat osat voivat toimia suojajohtimena, kun täytetään määrätyt ehdot. Muita johtavia osia ei kuitenkaan yleensä ole syytä käyttää suojajohtimena ellei ne ole erityisesti tehty tähän tarkoitukseen. (Maadoituskirja 2007, 30.)

Suojajohtimen sähköisen johtokyvyn varmistaminen

Jotta voidaan varmistua suojajohdinpiirin jatkuvuudesta, on se suojattava sopivalla tavalla mekaaniselta ja kemialliselta huononemiselta sekä sähkömekaanisilta voimilta. Kun suojajohdin on kaapelin vaipan sisäpuolella, toimii sama suoje-

kä äärijohtimien että suojajohtimien suojana. Erilleen asennetut suojamaadoitusjohtimet suojataan tarvittaessa kuten maadoitusjohtimet. (Maadoituskirja 2007, 31.)

Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan käyttöönottotarkastuksissa. Tätä varten suojajohtimen liitoksiin pitää päästä käsiksi, massaan valettuja tai vastaavalla tavalla suljettuja liitoksia lukuun ottamatta. (Maadoituskirja 2007, 31.)

Suojajohtimessa ei saa olla kytkinlaitteita. Liitokset voivat olla työkalulla avattavissa mittausta varten. (Maadoituskirja 2007, 32.)

Kun valvotaan suojajohdinpiirin jatkuvuutta, valvontalaitetta ei saa asentaa osaksi suojajohdinta. Valvontalaitteena voidaan käyttää virtamuuntajaa, joka asennetaan suojajohtimen ympärille. (Maadoituskirja 2007, 31.)

4.5.1 Maadoitusjohtimen mitoitus ja valinta

Maadoitusjohtimen on vastattava myös suojajohtimen vaatimuksia. Maahan upotettujen maadoitusjohtimien poikkipintojen pitää kuitenkin olla taulukon 4 mukaisia. (SFS 6000, 322.)

TN-järjestelmässä, jossa ei ole odotettavissa havaittavaa virran kulkua maadoitusjohtimessa, maadoitusjohdin on oltava poikkipinnaltaan vähintään 6 mm² kuparia tai 16 mm² alumiinia tai 50 mm² terästä. (SFS 6000, 322.)

TAULUKKO 4. Maadoitusjohtimen mitoitus (SFS 6000, 322.)

Maadoitusjohdin	Minimipoikkipinta mm ² suo- jojattuna mekaaniselta va- hingoittumiselta		Minimipoikkipinta mm ² suo- jaamatta mekaaniselta vahin- goittumiselta	
	Kupari	Teräs	Kupari	Teräs
Suojattu korroosi- olta	2,5	10	16	16
Suojaamatta kor- roosiolta	16	60	16	50

Jos mekaaninen suojaus iskuja vastaan ei kestä 5J iskuenergiaa tai vastaavaa (esim. SFS-EN 61386-1 mukainen luja putki, lujuusluokka 4), maadoitusjohdinta pidetään mekaaniselta vahingoittumiselta suojaamattomana.

Maadoitusjohdin on yhdistettävä maadoituselektrodiin huolellisesti ja liitoksen on oltava sähköisesti luotettava. Liitos on tehtävä kovajuotoksella, puristusliittimellä tai muulla mekaanisella liitoksella. Mekaaniset liitokset pitää asentaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Puristusliitin ei saa vaurioittaa elektrodia tai maadoitusjohdinta. (SFS 6000, 322.)

Jos maadoitusjohdin liitetään suoraan maassa sijaitsevalta elektrodilta lähellä maanpintaa (korkeintaan 0,5 m etäisyydellä) sijaitsevalle maadoituskiskolle, voidaan maadoitusjohdin mitoittaa kuten maadoituselektrodi (vähintään 16 mm² kuparia). Jos maadoitusjohtimen mitoitus ei vastaa maadoituskiskolle tulevalle päämaadoitusjohtimelle tai päämaadoitusjohtimelle tai pääpotentialintasausjohtimelle asetettuja vaatimuksia, maadoitusjohdin on asennettava siten, että se ei kosketa palavia materiaaleja. (Maadoituskirja 2007, 31.)

Jos suojajohtimet, maadoitusjohtimet tai potentiaalintasausjohtimet ovat alltiina mekaaniselle vahingoittumiselle, ne on suojattava. Suojaukseen voidaan käyttää muototerästä, vähintään lujuusluokan 4 asennusputkea, muuta vastaavan lujuuden omaavaa putkea, lujaa kyllästettyä puusuojusta tai muuta samanarvoista tapaa. Suojauksen tulisi ulottua vähintään 1,5 m lattiasta tai maan pinnasta sekä vähintään 0,2 m syvyydelle maan alle. Mekaanista suojausta ei kuitenkaan tarvita, jos johtimet sijaitsevat rakennuksen tai vastaavan sisällä ja ne on asennettu siten, että ne ovat mahdollisimman vähän alltiina mekaaniselle vahingoittumiselle. (Maadoituskirja 2007, 31.)

4.5.3 Pääpotentiaalintasausjohtimen mitoitus

Pääpotentiaalintasausjohtimen poikkipinnan on oltava tällä hetkellä voimassa olevan standardin mukaan vähintään puolet asennuksen suurimman suoja- tai PEN-johtimen poikkipinnasta, kuitenkin vähintään 6 mm². Poikkipinnan ei tarvitse kuitenkaan olla yli 25 mm² kuparia tai johtokyvyltään vastaavaa muuta metallia. (Maadoituskirja 2007, 44.)

4.5.4 Lisäpotentiaalintasausjohtimen mitoitus

Lisäpotentiaalintasausjohtimen mitoitusvaatimukset annetaan standardisarjan SFS 6000. Sellaisen lisäpotentiaalintasausjohtimen poikkipinnan, joka yhdistää kaksi jännitteelle altista osaa toisiinsa, on oltava vähintään yhtä suuri kuin jännitteelle alltiiseen osaan kytketyn suojamaadoitus- tai PEN-johtimen pienimmän poikkipinnan. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Sellaisen lisäpotentiaalitasausjohtimen poikkipinnan, joka yhdistää laitteen jännitteelle alttiit osat muihin johtaviin osiin, on oltava vähintään puolet vastaavan suojamaadoitusjohtimen poikkipinnasta. (Maadoituskirja 2007, 45.)

Johtimen on kuitenkin vastattava suojamaadoitusjohtimen minimipoikkipinnalle annettuja vaatimuksia. (Maadoituskirja 2007, 45.)

4.7 Esimerkkejä maadoitusten kytkennöistä

Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkejä maadoitusten kytkennöistä. Ne eivät ole ainoita oikeita, vaan myös muut vaihtoehdot ovat mahdollisia. Pääasia on, että kytkennöissä on suojauksen toiminnan kannalta tarpeelliset yhteydet ja ne on mitoitettu kestämään niissä eri tilanteissa kulkevat virrat. Eri vaihtoehdoilla voi olla eroja häiriösuojauksen kannalta. (Maadoituskirja 2007, 46.)

Kaikissa esimerkkikuvioissa on viitattu johtimien mitoitusperiaatteella (numeroin) liite 8 kuvan selityksiin, ja sen kertoman standardin SFS 6000 johtimien mitoitusperiaatteeseen. Samat mitoitustaulukot löytyvät myös aikaisemmista kappaleista.

Kuvioissa 24, 25 ja 26 on esitetty esimerkkejä pienjännitteellä syötettyjen rakennusten maadoituksista. Näissä järjestelmä on maadoitettu syöttöpisteessään ja rakennuksissa sähköliitymässä tehdään maadoitus ja potentiaalintasaus kosketusjännitteiden pienentämiseksi. (Maadoituskirja 2007, 46.)

Kuvioissa 27 ja 28 on esimerkki asennuksesta, johon liittyy muuntamo.

Jos keskusta syötetään useammasta teholähteestä samanaikaisesti, suositellaan EMC-syistä, että jokaisesta teholähteestä tuodaan PEN-johtimen toimiva johdin pääkeskukselle. Maadoitus tehdään vain yhdessä pisteessä pääkeskuksella, eikä muuntajan tähtipisteissä. Kuviossa 29 on esitetty tällainen standardin IEC 60364-1 mukainen kuva. (Maadoituskirja 2007, 47.)

Kuvio 24 Syöttöjohdossa käytetty PEN-johdinta ja pääkeskus on nelikiskoinen, PEN-kiskolla varustettu. Tällainen järjestely tulee kyseeseen vanhojen asennusten muutostöissä ja esimerkiksi silloin, kun liittymässä on rakennusten ulkopuolisia verkkoja tai käyttöön jää vanhoja PEN-johtimella varustettuja johtoja. Tuleva PEN-johdin kytketään PEN-kiskoon, samoin kuin lähtevät PEN-, nolla- ja suoja- maadoitusjohtimet. Jokaista johdinta varten tulee olla oma liitin. (Maadoituskirja 2007, 46.)

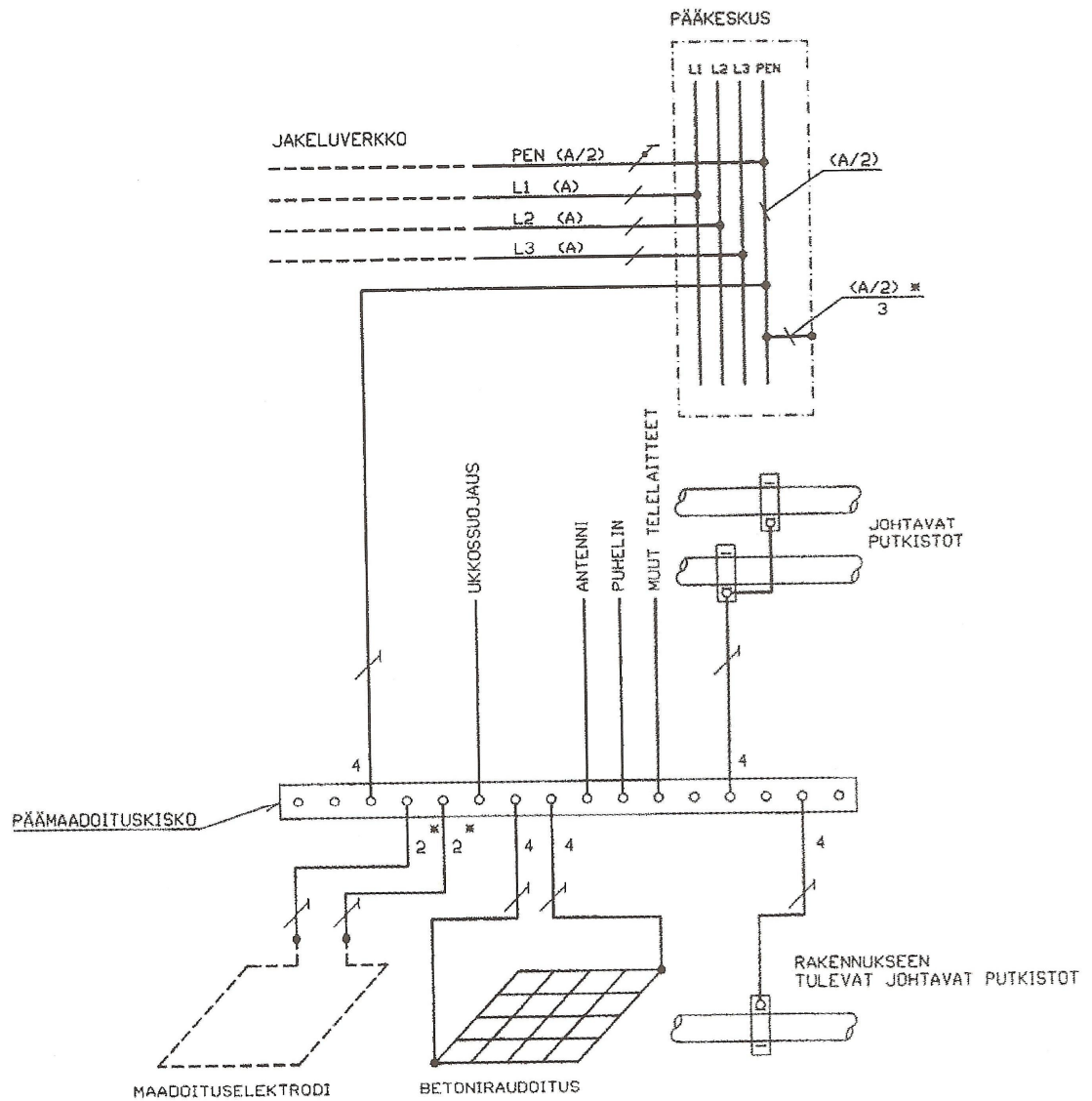
Kuvio 25 syötössä on käytetty PEN-johdinta mutta pääkeskus on viisikiskoinen. Syötön PEN-johdin kytketään suojakiskoon tai -liittimeen, josta PEN-piiri eriytetään suojapiiriksi ja nollapiiriksi. Jos tästä keskukselta halutaan lähteä PEN-johtimellisella johdolla, kytketään PEN-johtimet suojakiskoon. Edellytyksenä tälle on, että suojakiskon poikkipinta syötön ja lähtevän PEN-johtimien välillä vastaa PEN-kiskolle vaadittua. Suojakiskon ko. osa merkitään PEN-kiskoksi. (Maadoituskirja 2007, 47.)

Kuvio 26 koko järjestelmä, mukaanluettuna keskuksen syöttö, on TN-S-järjestelmän mukainen. Tähän keskukseseen ei saa kytkeä PEN-johtimella varustettuja johtoja. (Maadoituskirja 2007, 47.)

Kuvio 27 muuntajalta tuodaan viisikiskoiselle pääkeskukselle neljä johdinta vaihejohtimet ja PEN-johdin. PEN-johdin pitää olla mitoitettu ja eristetty kuten nolla-johdin. PEN-johdin kytketään periaatteessa keskuksen suojakiskoon, mutta yhdis-

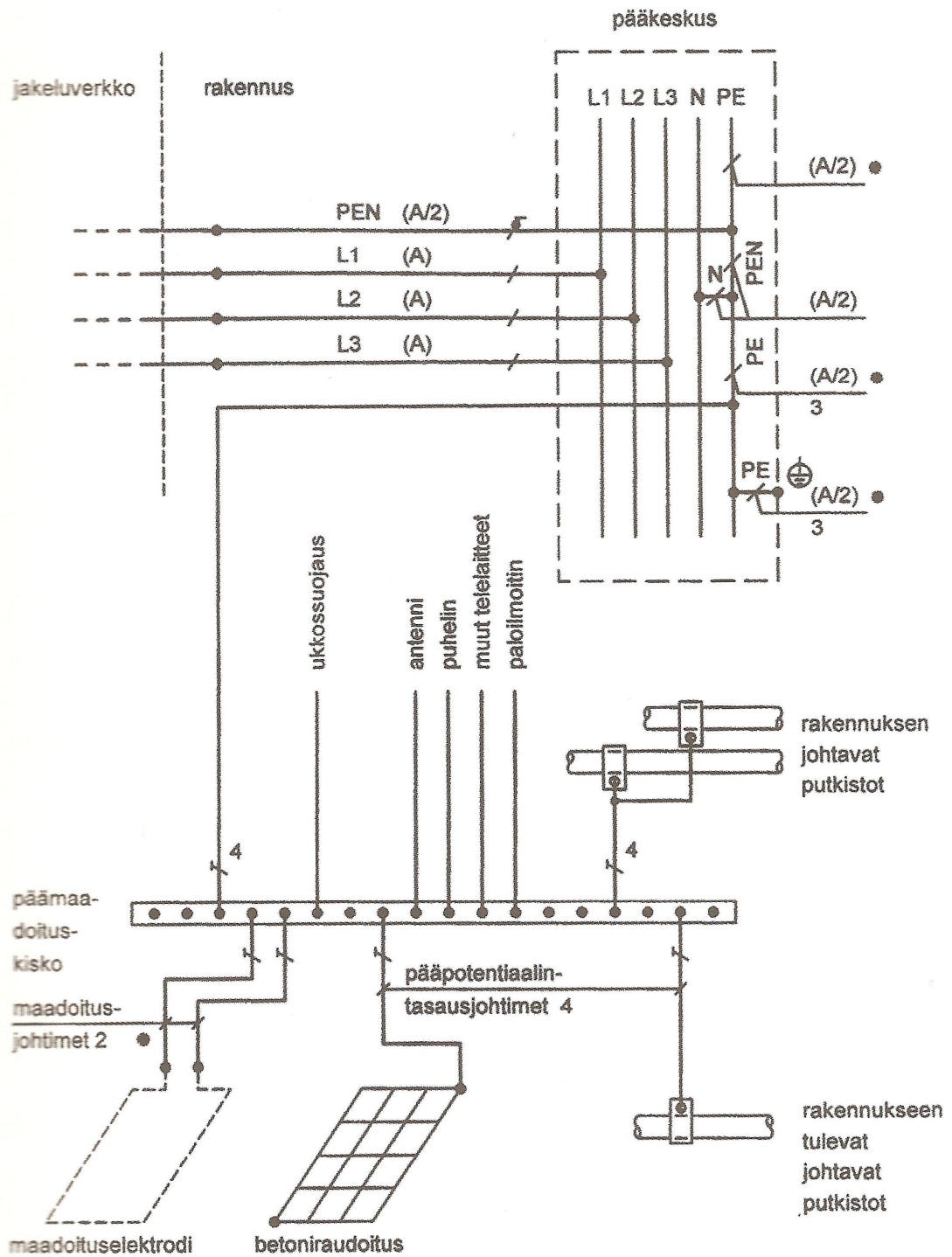
tyskohdan lähellä tehdään myös yhdistäminen nollakiskoon ja maadoituselektrodiin. Käytännön tasolla yhdistäminen pääkeskuksessa tehdään käytännössä helpoimmalla tavalla. Tarkoitus on saattaa PEN-, PE- ja nollajohtimet samaan maadoituskiskon potentiaaliin, ja se voidaan tehdä käytännössä järkevimmällä tavalla ottaen huomioon myös mittauksia varten tarpeellinen nolla- ja suojapiirin erottaminen. (Maadoituskirja 2007, 47.)

Kuvio 28 tapaus, jossa muuntajan tähtipisteestä saakka tuodaan erilliset nolla- ja suojajohtimet keskuksen nolla- ja suojakiskoille. Tässä on tähtipisteen ja keskuksen välillä kaksinkertainen yhteys. (Maadoituskirja 2007, 47.)

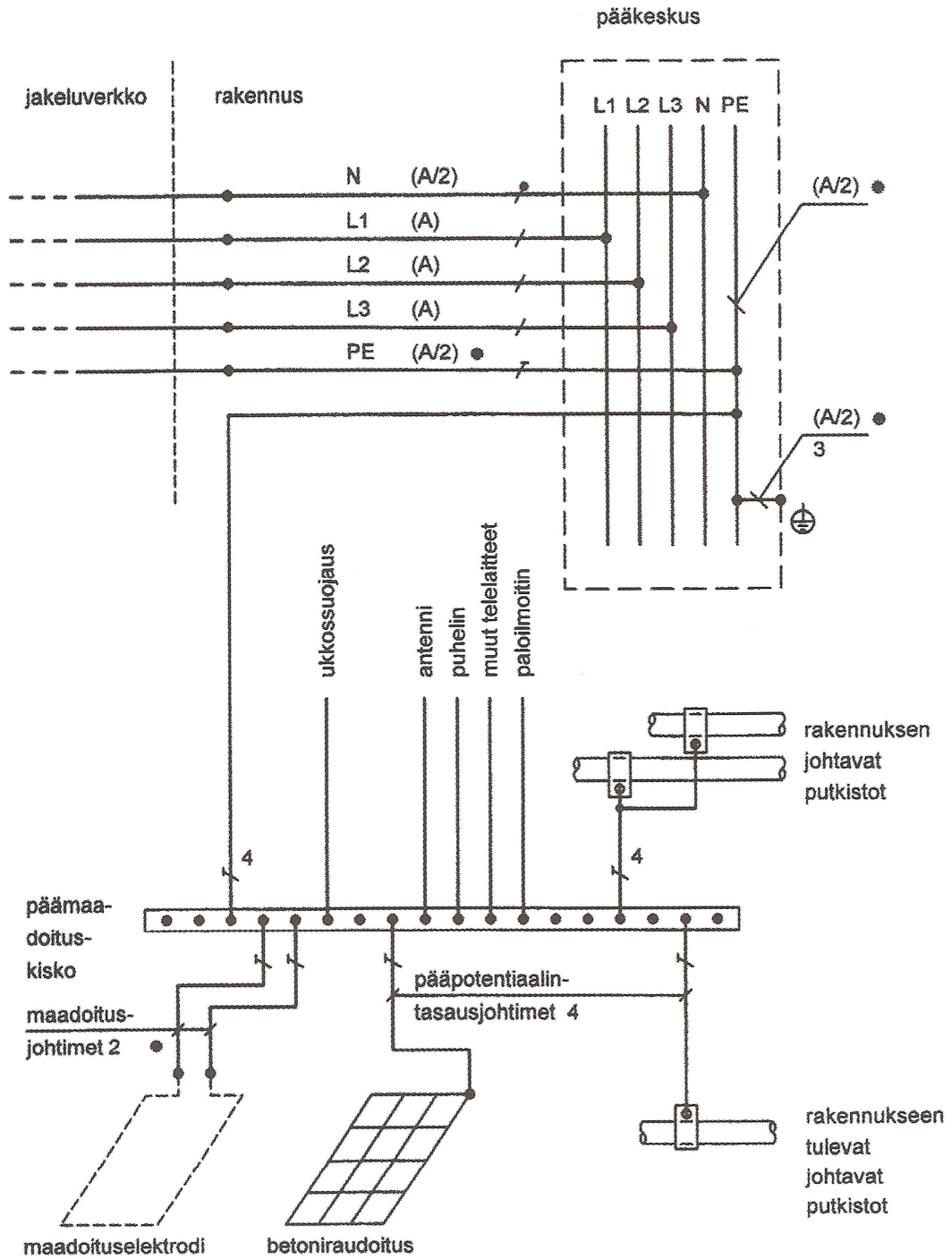


Vaihtoehtona SFS 6000 laskentakaavan mukainen mitoitus.

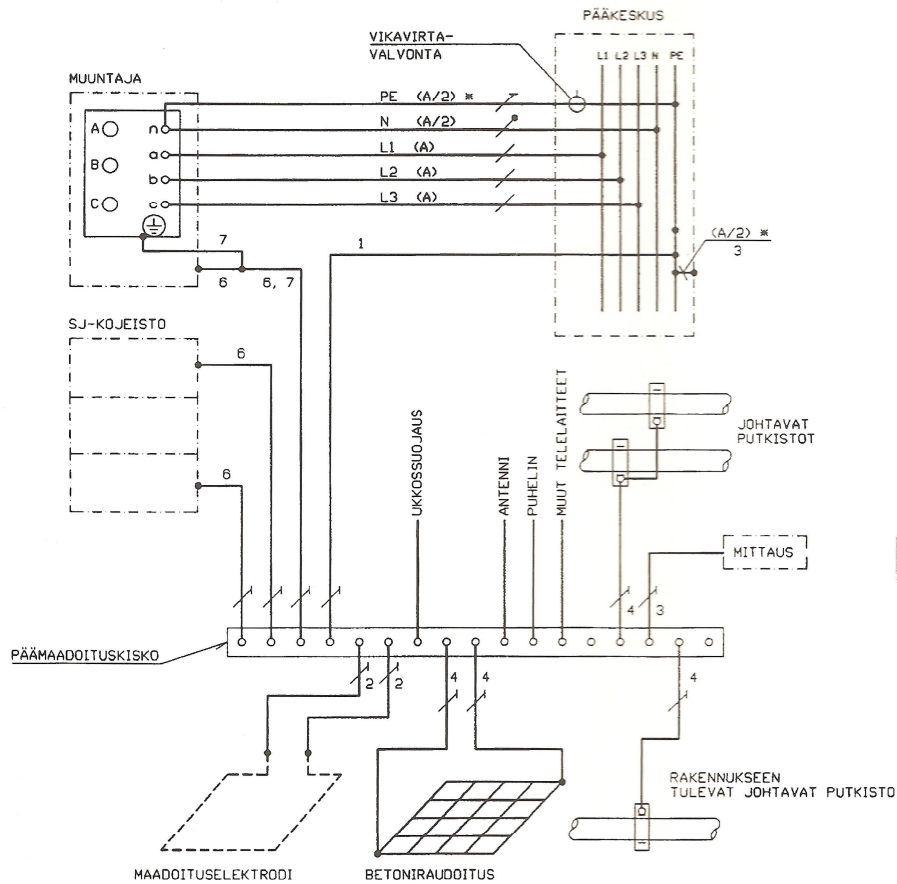
KUVIO 24. Syöttöjohdossa käytetty PEN-johdinta ja pääkeskus on nelikiskoinen, PEN-kiskolla varustettu. (Maadoituskirja 2007, 48.)



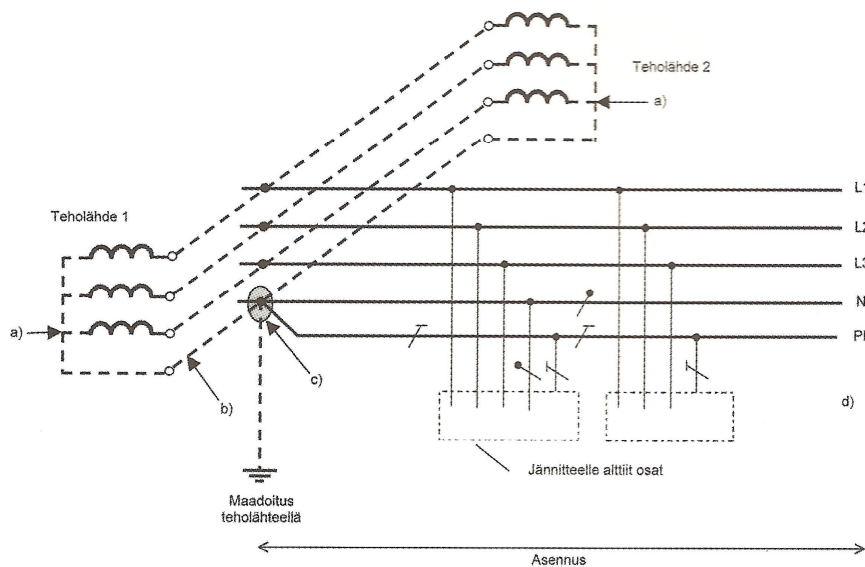
KUVIO 25. Esimerkki TN-C-S-järjestelmästä. Pienjänniteliittymä, jonka liittymisjohto on nelijohtiminen ja pääkeskus viisijohtiminen. (Maadoituskirja 2007, 49.)



KUVIO 26. Esimerkki TN-S-järjestelmästä. Pienjänniteliittymä, jonka liittymisjohto on viisijohtiminen. (Maadoituskirja 2007, 50.)



KUVIO 28. Esimerkki asennuksesta, johon liittyy muuntamo TN-S-järjestelmässä. (Maadoituskirja 2007, 52.)



KUVIO 29. Useasta tehrolähteestä syötetty TN-C-S-järjestelmä. (Maadoituskirja 2007, 52.)

5 ERI JÄRJESTELMIEN LIITTYMINEN MAADOITUKSIIN

5.1 Yleistä

Kappaleissa 3 ja 4 on kerrottu jo paljon mitä rakennuksessa pitää maadoittaa tai mitkä vaativat potentiaalintasauksen. Tässä kappaleessa paneudutaan vielä joihinkin tiettyihin järjestelmiin missä on tärkeä maadoittaa jotain tiettyjä komponentteja tai suorittaa potentiaalintasaus.

5.2 Antennijärjestelmä

Antennijärjestelmiä koskee turvallisuusstandardi SFS-N 60728-11. Se antaa yhteisiä eurooppalaisia ohjeita antennijärjestelmien ukkossuojauksesta ja potentiaalintasauksesta. Tähän on koottu tärkeimmät vaatimukset. Näitä vaatimuksia ei kuitenkaan ole tarkoitettu korvaamaan rakennuksen varsinaista ukkossuojausta. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Ukkossuojausta ei vaadita antenneilla ja mastorakenteille, jotka ovat rakennuksen ulkopuolella, mutta vähintään 2 m rakennuksen harjan alapuolella ja alle 1,5 m etäisyydellä rakennuksesta tai ovat rakennuksen sisällä. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Periaatteena on, että antennijärjestelmä suunnitellaan kestämään suora salamanisku niin, että siitä ei aiheudu tulipalon vaara tai vaaraa putoavista antennin osista. Potentiaalintasauksella estetään sähköiskun ja tulipalon vaara, kun salamanisku

vahingoittaa antennijärjestelmän tai muiden sähköverkkoon liitettyjen laitteiden eristyksistä. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Antennia ei saa asentaa palavasta aineesta rakennetulle katolle (olki, ruoko, paanu jne.) (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Antennikaapeleita ja maadoitusjohtimia ei saa asentaa paikkoihin, joissa säilytetään herkästi syttyvää materiaalia, kuten paperia, sahajauhoa, kuivaa heinää, palavia nesteitä tms. Niitä ei myöskään saa asentaa paikkoihin, joihin saattaa muodostua tai kerääntyä räjähdysherkkää kaasua. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Jos rakennuksessa on ukkossuojaus, yhdistetään maston maadoitusjohdin siihen lyhintä mahdollista reittiä. Jos erillistä ukkossuojausta ei ole, yhdistetään maston maadoitusjohdin rakennuksen maadoitusliittimeen lyhintä mahdollista reittiä. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 129.)

Maadoitusjohdin voi olla yksi- tai muutamalankainen, poikkipinnaltaan vähintään 16 mm² eristetty tai paljas Cu-johdin tai poikkipinnaltaan vähintään 25 mm² eristetty Al-johdin tai poikkipinnaltaan vähintään 50 mm² eristetty Fe-johdin. Eristetyn johtimen tunnusväri on kelta-vihreäraitainen. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 170.)

Taloverkon potentiaalintasaus tehdään talojakamon tähtipisteessä, jossa passiiviset rakenneosat ja kaapeleiden ulkojohtimet yhdistetään vähintään 4 mm² Cu-johtimella taloverkon potentiaalintasauskiskoon, joka yhdistetään maadoitusten kokoojakiskoon. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 170.)

Jokaisen suojajohtimen liitännän luo on päästävä helposti ja liitännän on oltava tehty luotettavasti puristamalla, painamalla, hitsaamalla tai kovajuottamalla. Liit-

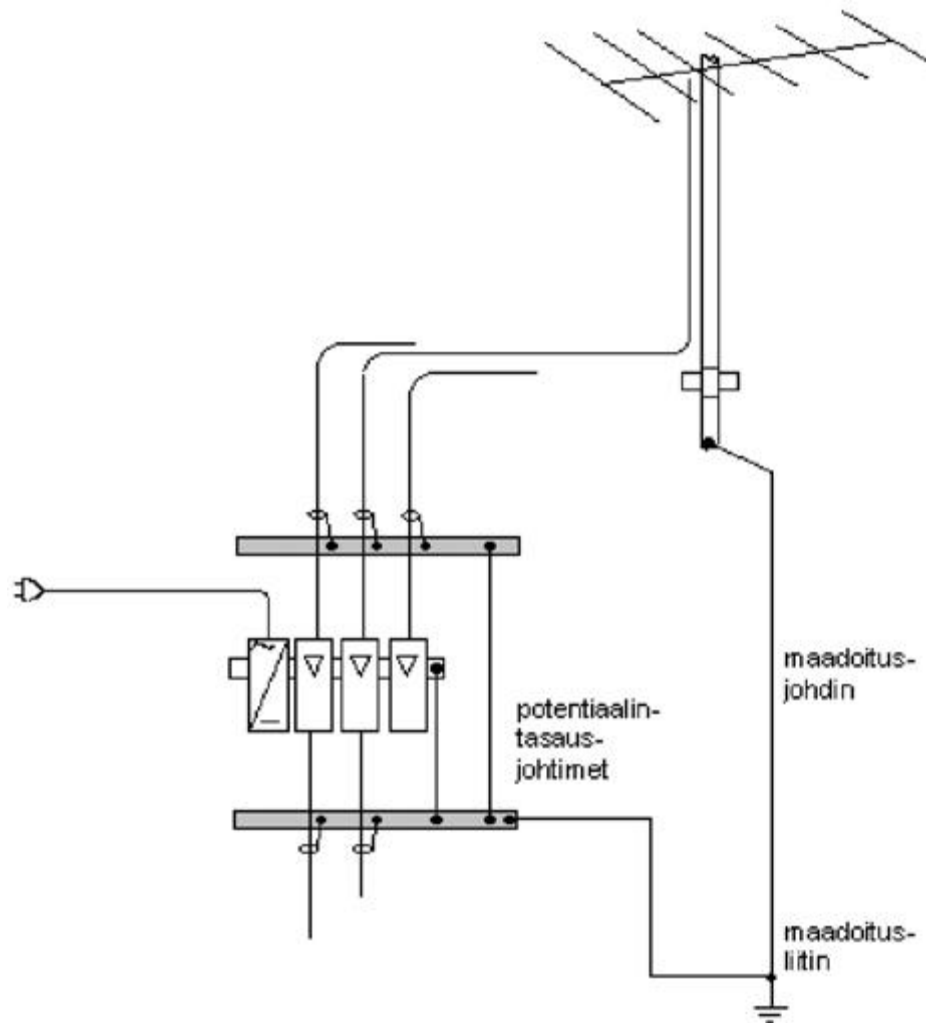
timen löytämisen helpottamiseksi sen paikka tulee merkitä pysyvästi. Liittimen ja jatkoksen sijainti merkittävä dokumentteihin. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 170.)

Ylijännitteiden lisäksi maadoitusta tarvitaan johtamaan antennijärjestelmään liitettyjen tilaajalaitteiden vuotovirta kontrolloidusti maahan. Päätelaitteiden sähköverkkoliitännässä käytettyjen Y-kondensaattorien tehtävänä on estää laitteen suurtaajuushäiriöiden johtuminen sähköverkkoon. Y-kondensaattoria käytetään sähköverkon ja laitteen rungon välillä. Siksi antenniverkon koaksiaalikaapelin ulkojohtimessa kulkee tilaajalaitteiden aiheuttamaa vuotovirtaa. Yksi laite on turvallinen, kun sen vuotovirta on korkeintaan 0,5 mA. Antenniverkko summaa usean laitteen vuotovirran, jolloin virta saattaa kasvaa vaarallisen voimakkaaksi. Normaalisissa tilanteissa vuotovirta kulkee potentiaalintasauksen kautta maahan. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 130.)

Kun huoltotilanteessa kaapeleita irrotetaan laitteista, saattaa vuotovirta kulkea asentajan kädestä käteen, mikä on vaarallista. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 130.)

Kuviossa 30 on kaapelien ulkojohdin maadoitettu, jolloin laite voidaan poistaa ilman vaaraa. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 130.)

Jos kaapelien ulkojohdinta ei maadoiteta, on huollon yhteydessä rakennettava vastaava väliaikainen maadoitus. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 130.)



KUVIO 30. Esimerkki antennijärjestelmän maadoittamisesta ja potentiaalintasauksesta. Ukkosmaadoitus asennetaan mastoputken alapäähän. (ST-KÄSIKIRJA 12, 2008, 130.)

5.2 Yleiskaapelointijärjestelmät

Suunnittelijan tulee selvittää rakennuksen maadoitusjärjestelmän tyyppi, ottaa huomioon sen vaikutus jakamoalueisiin ja suunnitella jakamoiden maadoitukset niihin perustuen. Jakamoiden laitekaapit ja – telineet varustetaan maadoituskiskoilla, joihin kytketään laitekaapin runko, paneelit ja runkokaapeleiden suojajoh-

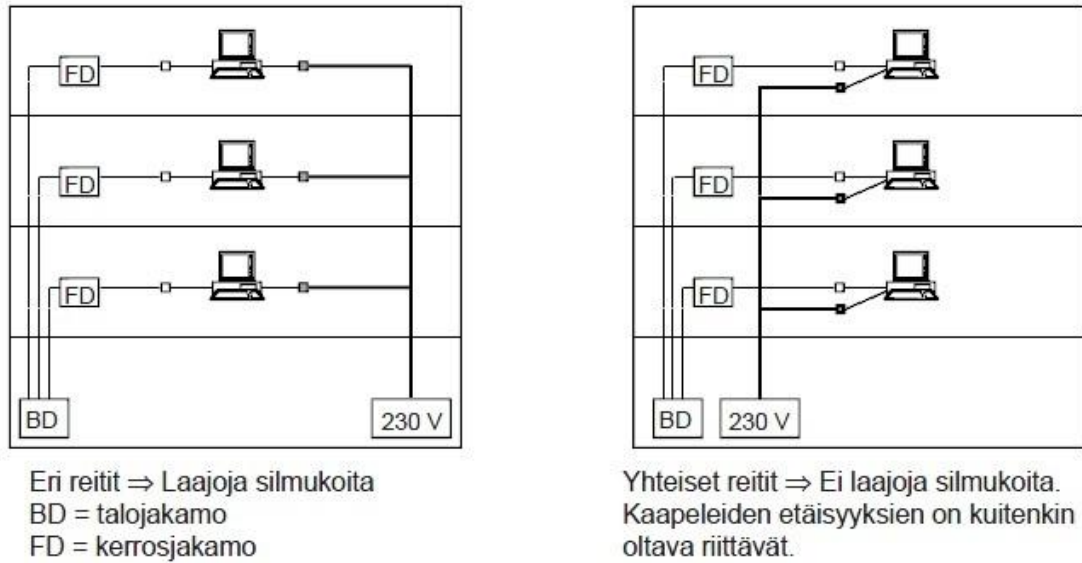
timet sekä suojattujen kerroskaapeleiden suojajohtimet, jos käytetään suojattua kaapelointia. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)

Jos rakennuksessa on puhtaana toteutettu TN-S-järjestelmä, liitetään laitekaapin maadoituskisko lähimmän ryhmäkeskuksen PE-kiskoon ja jakamoalue voi käsitellä useita ryhmäkeskusten jakelualueita. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)

Jos rakennuksen sähköverkko on toteutettu TN-C-S- tai TN-C-järjestelmällä, liitetään laitekaapin maadoituskiskot puumaisesti erillisellä maadoituskaapelilla päämaadoituskiskoon. Potentiaalierojen aiheuttamilta häiriöiltä vältytään, kun kerroskaapeloinnin jakamoalueet toteutetaan ryhmäkeskusten jakelualueiden mukaisina. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)

On myös huomattava, että suojattua kaapelointia saa käyttää vain, jos kahden pisteen (esim. jakamo/työpiste tai jakamo/jakamo) välinen potentiaaliero on enintään 1 V. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)

Vahvavirtakaapeleilla ja tiedonsiirtokaapeleilla tulisi olla yhteiset reitit, jottei syntyisi suuria silmukoita näiden kaapeleiden välille. Kuvio 31 valaisee asiaa. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)



KUVIO 31. Vahvavirta- ja tiedonsiirtokaapeleilla tulisi olla samat kaapelireitit. (ST-KÄSIKIRJA 16, 2008, 248.)

5.3 Paloilmoitinjärjestelmä

Ilmoituskeskuksen ja käyttölaitteiden potentiaalintasausjohtimen poikkipinta-ala on oltava vähintään 6 mm². Potentiaalintasausjohtimen väri on musta ja merkitään TE-merkinnällä, eli potentiaalintasausjohdinta käytetään vain häiriösuojaukseen. Merkintä tehdään teipillä tai erillisellä sidekiinnitteisellä merkintäliuskalla. Potentiaalintasaus liitetään lyhintä reittiä rakennuksen päämaadoituskiskoon. (ST-KÄSIKIRJA 10, 2008, 159.)

Järjestelmän silmukka- ja muiden johtojen mahdolliset vaipat kytketään tarvittaessa ilmoitinkeskuksen potentiaalintasauskiskoon laitetoimittajan ohjeiden mukaisesti. (ST-KÄSIKIRJA 10, 2008, 160.)

Räjähdyksvaarallisen tilan eli Ex-tilan ilmaisimet pitää suorittaa potentiaalintasaus. Luonnostaan vaarattoman virtapiirin kaapelin johtava suojavaippa yhdistetään kiinteistön potentiaalintasauspisteeseen tai –kiskoon räjähdysvaarallisessa tilassa tai sen ulkopuolella, mutta vain yhdessä kohdassa. Muualla kaapelien johtavien suojavaippojen on oltava potentiaalintasauksesta luotettavasti eristettyjä. Monijohdinkaapelin käyttämättömät johtimet on kytkettävä samalla tavalla kuin kaapelin suojavaipat. Potentiaalintasausjohtimena käytetään vähintään 2,5 mm² kuparijohdinta. (ST-KÄSIKIRJA 10, 2008, 102.)

6 POHDINTA

Maadoittaminen on erittäin laaja käsite projektien läpiviennissä. Opinnäytetyössäni maadoituksen läpikäyminen on teoreettisesti onnistuttu omasta mielestäni hyvin, mutta ongelmana aiheeseen tulee opinnäytetyön rajaaminen. Opinnäytetyöstäni voisi tehdä isomman teoksen vielä tulevaisuudessa ottamalla huomioon mm. häiriösuojauksen, teollisuuden, erikoistilat, suurjännitepuolen jne. Uskon että opinnäytetyöstä on tulevaisuudessa hyötyä ainakin itselleni. On helppo turvautua opinnäytetyön ohjeisiin tehdessä suunnitelmia.

Opinnäytetyön keskeisimpinä aiheina näkisin eri johtimien mitoitus ja komponenttien maadoitukset. Olen omasta mielestä onnistunut hyvin johtimien mitoitusten ja eri komponenttien maadoittamisien läpikäymisessä. Johtimien mitoituksesta löytyi SFS 6000 standardista selvä osio, mutta sen tulkitseminen vaati työtä.

Lähteitä löytyi erittäin hyvin. Lähteissä teki haastavaksi että jokaisessa oli kerrottu asia hieman eritavalla ja niiden luotettavuuden varmistaminen oli myös iso osa opinnäytetyön tekoa.

LÄHTEET

Esa Tiainen, 2007, Maadoituskirja, Espoo, Sähköinfo Oy

Samuli Taimisto, 2001, Maadoituskirja, Espoo, Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto Oy

Esa Tiainen, 2008, Maadoitusopas, Espoo, Sähköinfo Oy

Esa Tiainen, 2005, Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus, Espoo, Sähköinfo Oy

Heikki Marttila, 2004, Paloilmoitinjärjestelmät, ST-käsikirja 10, 4., tarkistettu painos, Espoo, Sähköinfo Oy

Juha Ristilä, 2008, Antennijärjestelmät, ST-käsikirja 12, 4., uusittu painos, Espoo, Sähköinfo Oy

Pekka Koivisto, 2008, Yleiskaapelointijärjestelmät, ST-käsikirja 16, 3., uusittu painos, Espoo, Sähköinfo Oy

Yrityskuvaus. www-dokumentti. Saatavissa: www.poyry.fi. Luettu 2.3.2011

Suomen standardisoimisliitto, 2007, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 1. painos, Helsinki, SFS

LIITELUETTELO

LIITE 1 MAADOITUSELEKTRODIEN MATERIAALIT JA VÄHIMMÄISMITAT

LIITE 2 LIITÄNTÄPERIAATE MAADOITUSELEKTRODILLE

LIITE 3 BETONIRAUDOITUKSEN LIITÄNTÄ

LIITE 4 MAADOITUSKISKOJA

LIITE 5 MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKEEN

LIITE 6 MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKIRYHMÄÄN

LIITE 7 ESIMERKKI MAADOITUSDOKUMENTISTA

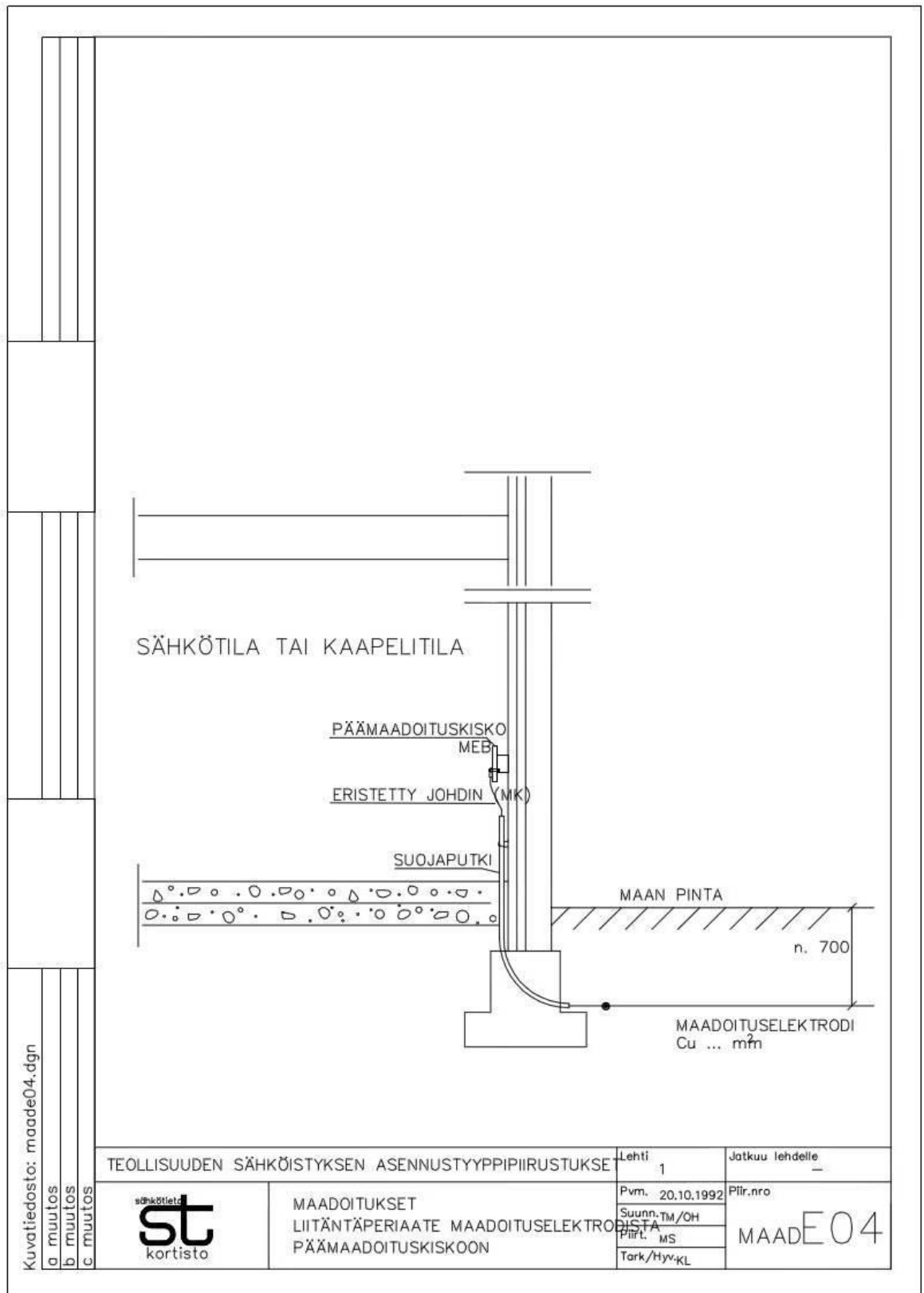
LIITE 8/1 JA LIITE 8/2 JOHTIMIEN MITOITUS STANDARDIN SFS 6000 MUKAAN

LIITE 1 MAADOITUSELEKTRODIEN MATERIAALIT JA VÄHIMMÄISMITAT

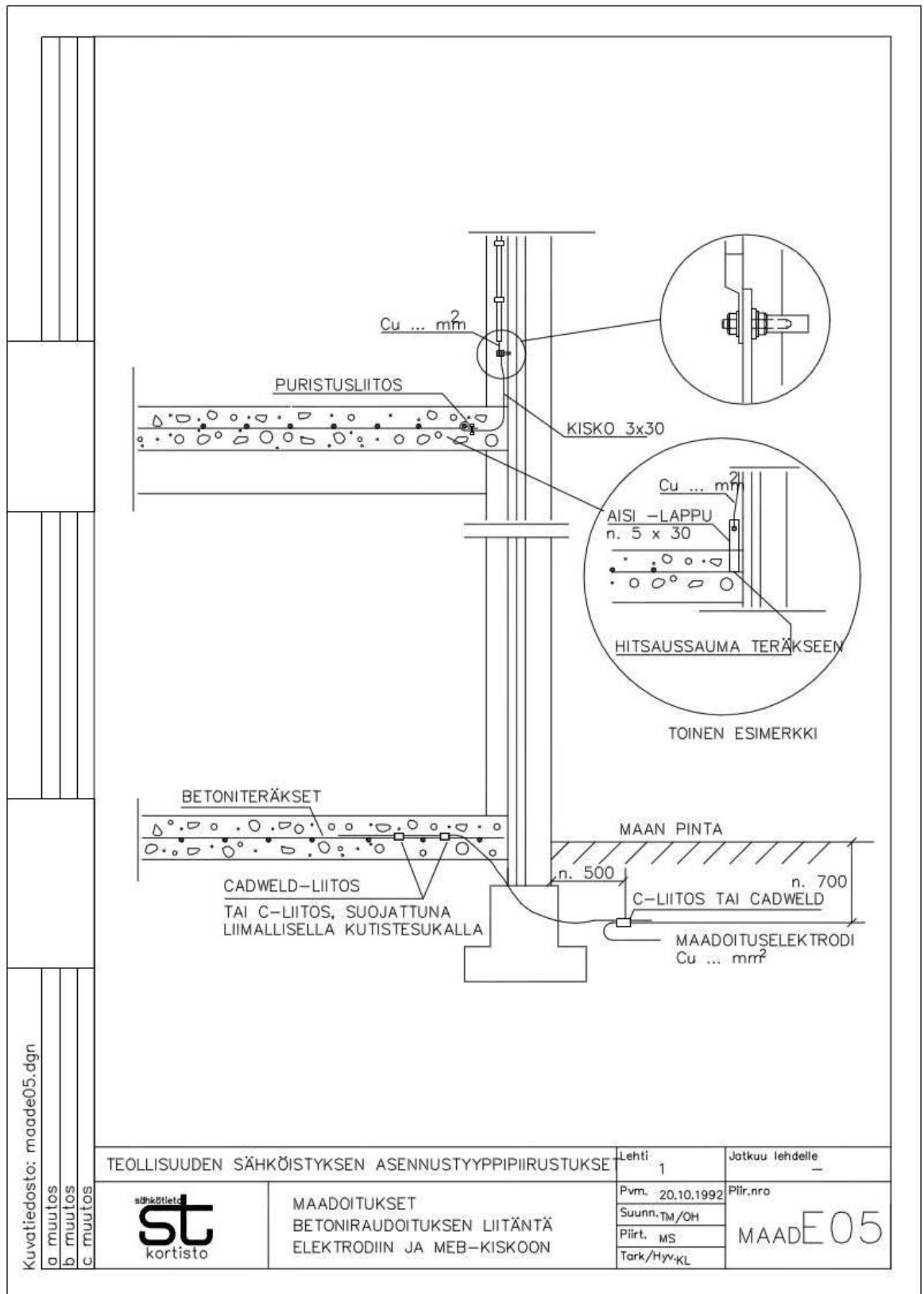
Maadoituselektrodien materiaalit ja vähimmäismitat mekaanisen lujuuden ja korroosioon kestävyuden takia. (SFS 6000-5-54 Taulukko 54.1)

Materiaali	Pintakäsittely	Muoto	Minimikoko				
			Halkaisija mm	Poikki- pinta mm ²	Paksuus mm	Pinnoitteen/vaipan paksuus	
						Yksittäinen arvo µm	Keskiarvo µm
Teräs	Kuumasinkitty ^a tai ruostumaton ^{a,b}	Nauha ^c		90	3	63	70
		Profiili		90	3	63	70
		Sauvaelektrodin pyörötanko	16			63	70
		Vaakaelektrodin pyöreä johdin	10				50 ^e
		Putki	25		2	47	55
	Kuparivaipalla	Sauvaelektrodin pyörötanko	15			2000	
	Päällystetty sähköisesti kuparilla	Sauvaelektrodin pyörötanko	14			90	100
Kupari	Paljas ^a	Nauha		50	2		
		Vaakaelektrodin pyöreä johdin		16 ^f			
		Köysi	1,6 köyden yksittäiselle langalle	16 ^f			
		Putki	20		2		
	Tinattu	Köysi	1,8 köyden yksittäiselle langalle	25		1	5
	Sinkitty	Nauha ^d		50	2	20	40
^a Voidaan käyttää myös betoniin upotettuihin elektrodeihin ^b Ei vaadita pinnoitetta ^c Rullattuna nauhana tai pyöristetyillä reunoilla varustettuna rainana ^d Pyöristetyillä reunoilla varustettu nauha ^e Jos käytetään jatkuvaa uppopäällystystä, vain 50 µm paksuus on teknisesti toteuttamiskelpoinen nykyään ^f Suomessa hyväksytään kokemusperäisen tiedon perusteella 16 mm ² poikkipintaa. Esikuvastandardi vaatii vähintään 25 mm ² kuparipoikkipintaa. Jos maadoituselektrodia käytetään myös ukkossuojaukseen, suositellaan käytettäväksi vähintään 25 mm ² kuparijohdinta							

LIITE 2 LIITÄNTÄPERIAATE MAADOITUSELEKTRODILLE



LIITE 3 BETONIRAUDOITUKSEN LIITÄNTÄ



Kuvatiedosto: maade05.dgn

a muutos
b muutos
c muutos

TEOLLISUUDEN SÄHKÖISTYKSEN ASENNUSTYYPPIPIIRUSTUKSE



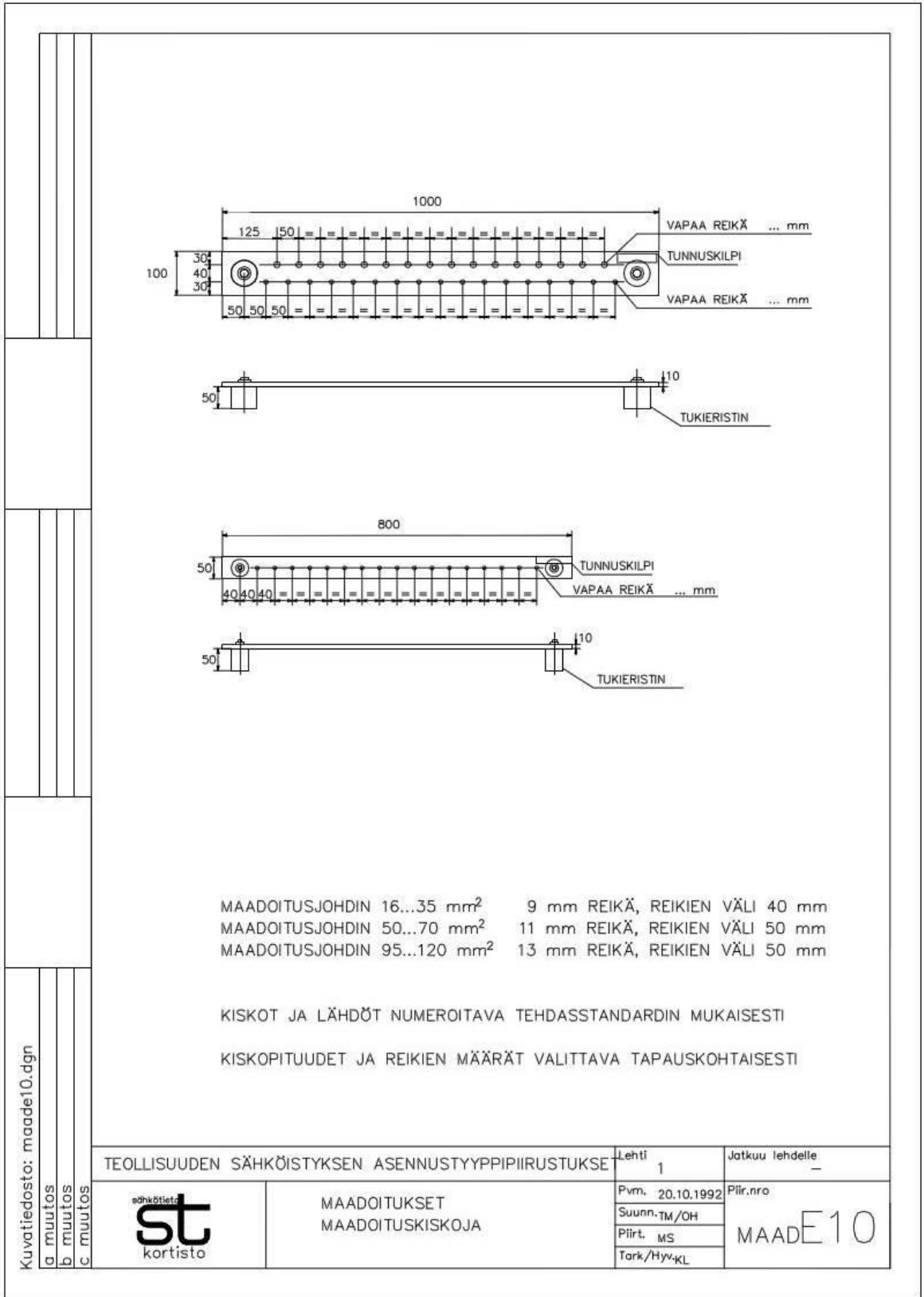
MAADOITUKSET
BETONIRAUDOITUKSEN LIITÄNTÄ
ELEKTRODIIN JA MEB-KISKOON

Lehti 1
Pvm. 20.10.1992
Suunn. TM/OH
Piirt. MS
Tark/Hyv. KL

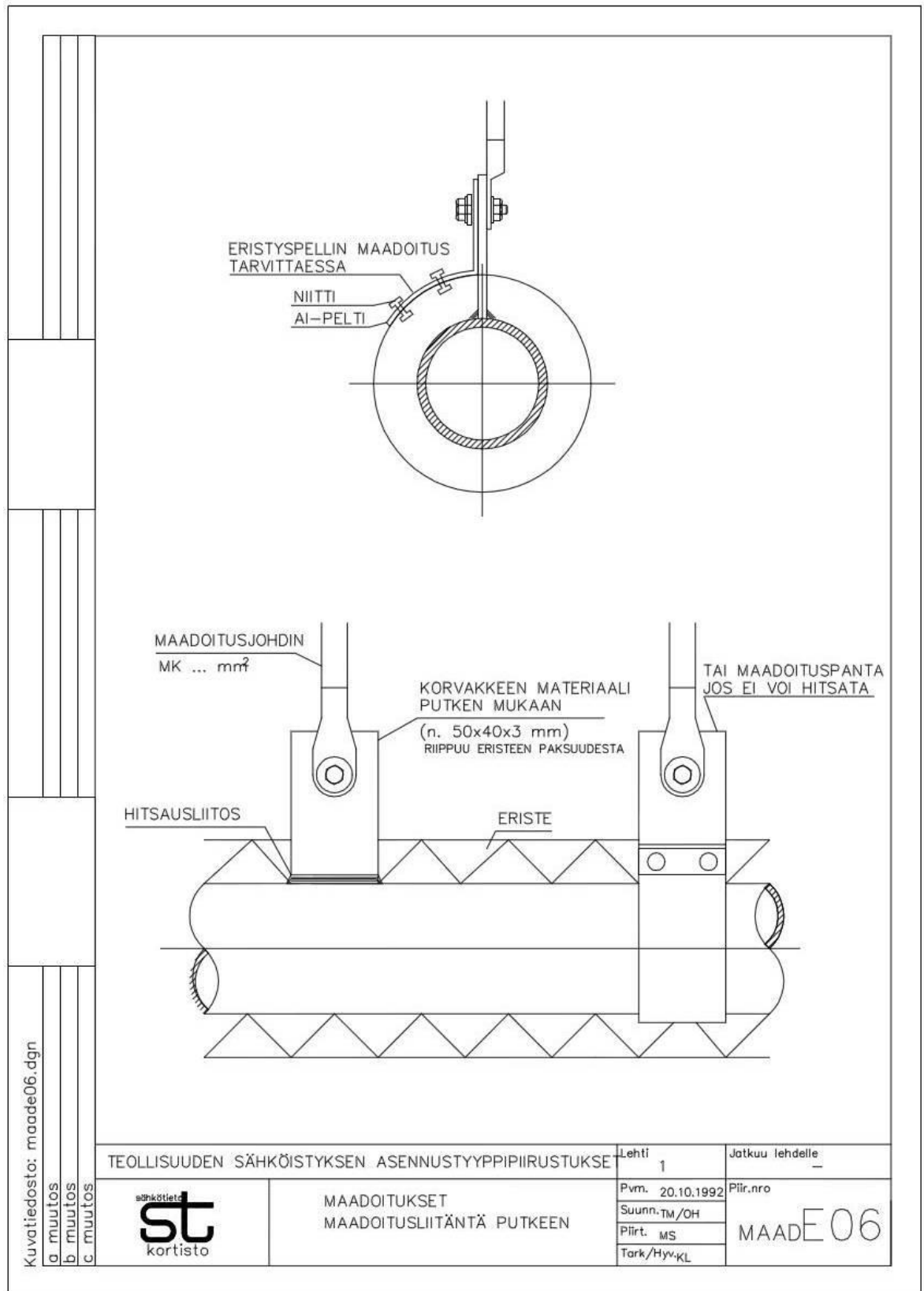
Jatkuu lehdelle -
Piir.nro

MAADE05

LIITE 4 MAADOITUSKISKOJA



LIITE 5 MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKEEN



TEOLLISUUDEN SÄHKÖISTYKSEN ASENNUSTYYPPIPIIRUSTUKSE

Lehti 1

Jatkuu lehdelle -

a muutos
b muutos
c muutos

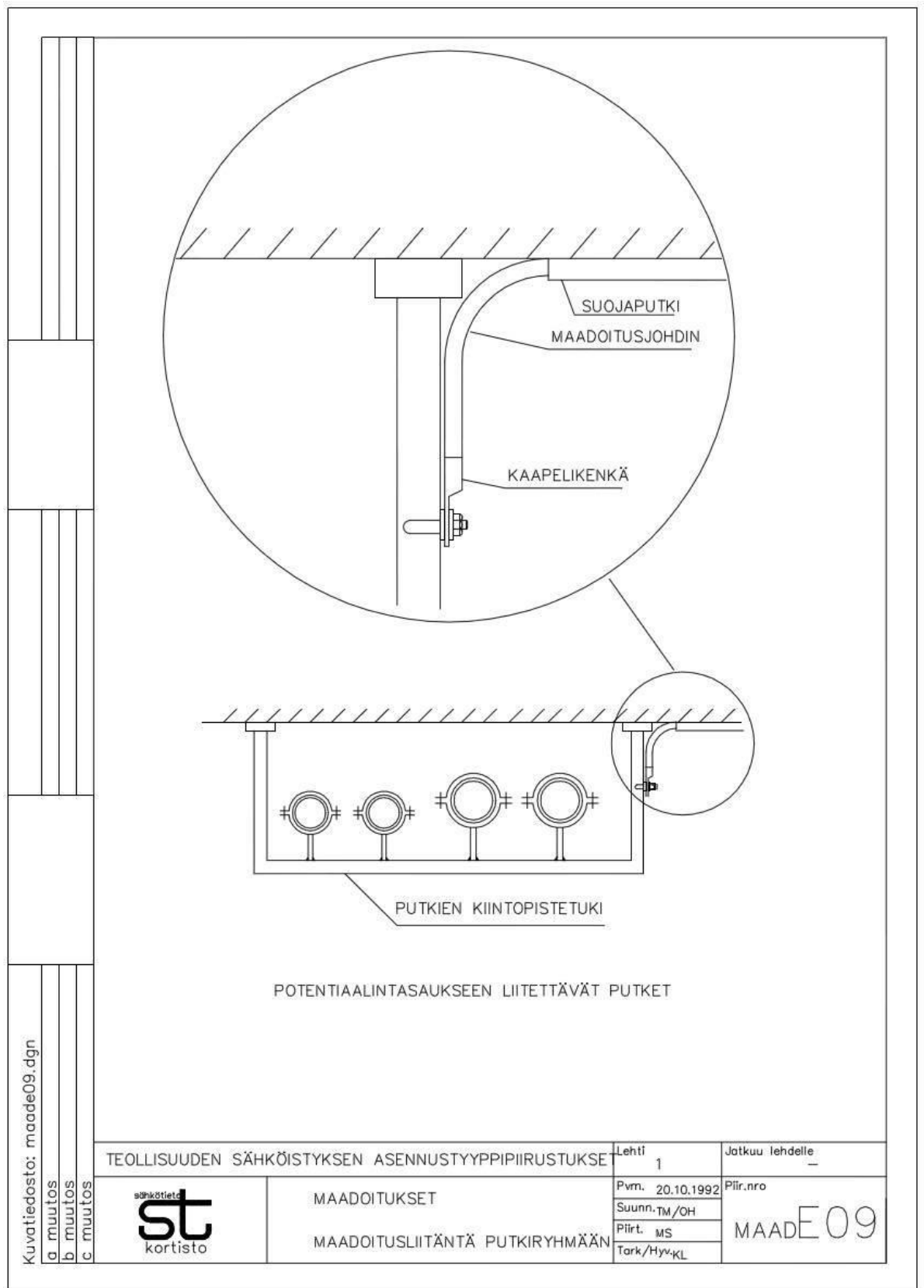


MAADOITUKSET
MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKEEN

Pvm. 20.10.1992
Suunn. TM/OH
Piirt. MS
Tark/Hyv. KL

Piir.nro
MAADE 06

LIITE 6 MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKIRYHMÄÄN



Kuvatiedosto: maade09.dgn

a muutos
b muutos
c muutos

sähkötieta
st
kortisto

MAADOITUKSET

MAADOITUSLIITÄNTÄ PUTKIRYHMÄÄN

Lehti 1

Pvm. 20.10.1992

Suunn. TM/OH

Piirt. MS

Tark/Hyv. KL

Jatkuu lehdelle _

Piir.nro

MAADE09

LIITE 8/2 JOHTIMIEN MITOITUS STANDARDIN SFS 6000 MUKAAN

Tunnus	Nimike	Selitys, Viitataan standardiin SFS 6000
M	Jännitteelle altis osa	Sähkölaitteen johtava osa, jota voi koskettaa ja joka ei normaalisti ole jännitteinen, mutta voi tulla jännitteiseksi peruseristyksen eristysvian takia
PK	Pääkeskus	Pääkeskukseen tulee suojajohdin jakeluverkosta, jos sellainen on käytettävissä. Pääkeskuksen PE-kisko liitetään päämaadoituskiskoon
JK	Jakokeskus	Jakokeskus, jota syötetään pääkeskuksesta
C	Muu johtava osa	Sähköasennukseen kuulumaton, jossa voi esiintyä tietty potentiaali, yleensä paikallisen maan potentiaali
C1	Ulkoa tuleva metallinen vesiputki	
C2	Ulkoa tuleva metallinen viemäriputki	
C3	Kaukolämpöputki	
C4	Ilmanvaihtojärjestelmä	
C5	Lämmitysjärjestelmä	
C6	Metallinen vesijohtoputki esim. kylpyhuoneessa	Lisäpotentiaalintasauksen tarve ks. osa 7-701
PMK	Päämaadoituskisko	Ks. kohta 542.4
T	Maadoituselektrodi	Ks. kohta 542.2 ja liite 54D
T1	Perustusmaadoituselektrodi	Ks. liite 54C
T2	Ukkossuojajärjestelmän maadoituselektrodi jos tarpeen	
LPS	Ukkossuojajärjestelmä	
PE	Keskuksen suojakisko	
1	Suojajohdin, johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.	Ks. luku 543 Suojajohtimen poikkipinta 543.1 Suojajohtimen tyypit 543.2 Suojajohtimen sähköinen johtokyky 543.3
1a	Tuleva suojajohdin jakelujärjestelmästä	Voi olla myös PEN-johdin, jos syöttävä järjestelmä on TN-C
1b	Suojajohdin pääkeskuksen suojakiskon ja päämaadoituskiskon välillä	Voidaan mitoittaa kuten maadoitusjohdin, ks. kohta 542.3.1
2	Suojaava potentiaalintasausjohdin	Ks. kohta 544.1
3	Lisäpotentiaalintasausjohdin 3a ja 3b ovat vaihtoehtoisia	Ks. kohta 544.2
4	Ukkossuojajärjestelmän alastulojohdin	
5	Maadoitusjohdin	Ks. kohta 542.3