

Magneettikenttäkartoitus kiinteistömuuntamoissa

TransCat -projekti



TransCat; Categorization of indoor MV/LV transformer substations according to magnetic field exposure

Ohjeen ovat toimittaneet Kati Kettunen ja Tommi Keikko TransCat -projektin ohjausryhmän johdolla ja Tekesin rahoituksella.

Ohjausryhmä: Martti Hyvönen, Seppo Valkealahti, Reino Seesvuori, Harri Salminen, Seppo Urhonen, Jaakko Tikamo, Osmo Salmisto, Kenneth Hänninen ja Elina Lehtomäki

1 Tausta

Sähkömagneettiset kentät ovat erottamaton osa sähkönkäytön. Kiinteistömuuntamot voivat sijaita lähellä väestöä, joten niiden aiheuttama magneettikenttä voi nostaa merkittävästi läheisyydessä oleskelevien ihmisten altistusta. Koska sähkönkäytössä käytettävät jännitteet eivät aiheuta sähkökenttien osalta suurta altistusta ja sähkökenttä vaimenee voimakkaasti muuntamotilan seiniin, käsitellään tässä ohjeessa pelkästään magneettikenttiä. Ohjeen tavoite on antaa sähköverkko-yhtiöille tietoa kiinteistömuuntamoiden magneettikenttien hallinnasta. Asiaan otetaan kaksi näkökulmaa; verkko-yhtiön oma selvilläolovelvollisuus ja asiakkaan yhteydenotto.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 294/2002 annetaan suositukset ionisoimattoman säteilyn terveydelle aiheuttaman altistuksen rajoittamiseksi. Asetuksen antamat suositukset on esitetty taulukossa 1. Suositukset on asetettu magneettikenttien lyhytaikaisten, tunnettujen vaikutusten perusteella. Ne eivät ota kantaa pitkäaikaisvaikutuksiin, joista ei ole tieteellisesti todistettua näyttöä. Ensimmäiseksi on noudatettava annettua kehon sisälle aiheutuvan virrantiheyden suositusarvoa. Käytännössä mitattavissa oleva suure on kehon ulkopuolinen magneettivuon tiheys. Taulukon 1 suositusarvoja sovelletaan kohteissa, joissa väestö oleskelee merkittäviä aikoja. Ei-merkittävän ajan kestävissä oleskelussa arvoja sovelletaan viisinkertaisina.

Taulukko 1: Virrantiheyden ja magneettivuon tiheyden suositukset väestön merkittävän ajan kestävälle altistumiselle.

| Taajuusalue | Virrantiheys (pää ja vartalo) (mA/m ²) | Magneettivuon tiheys (μT) |
|-----------------|--|---------------------------|
| - 1 Hz | 8 | 40000 |
| 1 - 4 Hz | 8/f | 40000/f ² |
| 4 - 8 Hz | 2 | 4000/f ² |
| 8 - 25 Hz | 2 | 5000/f |
| 0,025 - 0,8 kHz | 2 | 5000/f |
| 0,8 - 1 kHz | 2 | 6,25 |
| 1 - 3 kHz | f/500 | 6,25 |

Taulukon 1 avulla voidaan laskea, että 50 Hz taajuudella väestön merkittävän ajan kestävän altistuksen osalta magneettivuon tiheyden suositusarvo on 100 μT ja ei-merkittävän ajan osalta 500 μT. Asetuksessa on esitetty, kuinka virrassa esiintyvät yliaallot voidaan huomioida summaamalla eri taajuuksien magneettivuon tiheyksiä. Muuntamoiden kartoituksessa voidaan käyttää magneettivuon tiheyden RMS-mittareita, jolloin eri taajuuksia ei erotella. Siinä tapauksessa yliaaltokerroin on tyypillisesti n. 1,5 – 3, joten yliaaltojen vaikutusta voidaan karkeasti arvioida jakamalla 50 Hz suositusarvo arvioidulla yliaaltokerroimella. Saatavilla on myös magneettikenttämittareita, jotka mittavat suoraan asetuksen mukaista painotettua huippuarvoa, jolloin yliaaltoja ei tarvitse huomioida erikseen.

2 Selvilläolovelvollisuuden näkökulma

Sähköverkko-yhtiön on hyvä olla selvillä aiheuttamistaan ympäristövaikutuksista ja siten myös omien kiinteistömuuntamoidensa magneettikenttilanteesta. Ohjeen luvussa 2 kuvataan toimenpiteet, joilla kiinteistömuuntamon magneettikentät voidaan luokitella ja kartoittaa. Ohje ei ota kantaa

kartoituksen jälkeisiin toimenpiteisiin, joihin vaikuttavat tekniset ja taloudelliset näkökulmat sekä yhtiökohtaiset toimintatavat.

2.1 Muuntamoiden luokittelu

Muuntamoiden luokittelun tavoitteena on valita muuntamot, joihin kartoitukset kannattaa kohdistaa. Luokittelu on tarkoitettu toimistotyönä tehtäväksi. Verkko-yhtiön tietojärjestelmien käytettävyyden luonnollisesti voi asettaa rajoituksia sille, kuinka suuri osa tarvittavista tiedoista on saatavissa ilman muuntamossa käymistä. Vastaavasti tietojärjestelmiin talletetun tiedon luotettavuus on yhtiökohtaista. Muuntamot voidaan luokitella kaksipuolisesti, ensin sijainnin ja sitten pienjänniteyhdistyksen rakenteen mukaan.

2.1.1 Sijaintiluokittelu

Muuntamoiden sijainti voidaan luokitella sen mukaan, altistuko väestö oletettavasti sen ympäristössä merkittävän ajan. Merkittävän ajan kestävää altistumista on esimerkiksi asuminen, koulunkäynti tai päivähoitossa oleminen. Työskentelyn voidaan yleisesti katsoa kestävän merkittävän ajan, mutta STM -asetus 294/2002 ei koske työntekijöitä.

Kiinteistömuuntamot jaetaan kahteen sijaintiluokkaan PP (Permanent Presence) ja NPP (Non-Permanent Presence). PP -luokkaan sijoitetaan siis esimerkiksi asunto- tai luokkatilojen läheisyydessä sijaitsevat muuntamot. NPP -luokkaan kuuluvat taas esimerkiksi autotallien tai roskakatosten läheisyyteen sijoitetut muuntamot. Luokittelussa on huomioidava, että vaikka kiinteistömuuntamo sijaitsi asuinkerrostalossa, saattavat kaikki sitä ympäröivät tilat olla varastoja, porraskäytäviä, lämmönjakohuoneita tms. tiloja, joissa altistuminen ei kestä merkittävää aikaa. Ympäröivien tilojen tarkka selvittäminen rakennuspiirustusten perusteella voi olla hankalaa, jolloin ainoa mahdollisuus niiden selvittämiseen on tehdä se kuntotarkastusten tai muiden muuntamokäyntien yhteydessä tai vasta kartoituksessa. NPP -sijaintiluokan muuntamot eivät vaadi jatkotoimenpiteitä väestön magneettikenttäaltistumisen kannalta. PP -sijaintiluokan muuntamot luokitellaan edelleen rakenteen mukaan.

2.1.2 Rakenneluokittelu

Rakenneluokittelu perustuu pienjänniteyhdistyksen toteutustapaan. Pienjänniteyhdistyksessä kulkee tyypillisesti muuntamon suurin virta ja usein se sijaitsee lähimpänä yläpuolista tai naapuritilaa. Joissain tapauksissa jokin muu muuntamon komponentti voi olla ympäröivän tilan kannalta merkittävämpi kuin pienjänniteyhdistys. Lähinnä muuntajan liittimet ja läpiviennit sekä pienjännitekeskus voivat aiheuttaa ympäröivään tilaan suositusarvot ylittäviä magneettivuon tiheyksiä. Taulukossa 2 on esitetty muuntamoiden rakenneluokittelu, magneettikenttäsuarvio ja arvio jatkotoimenpide-tarpeesta.

Taulukon 2 perusteella magneettikenttäkartoitukset kohdistuvat rakenneluokkiin U1 ja U2. Vain joissakin erikoistapauksissa selvilläolovelvollisuuden aiheuttamia kartoituksia kannattaa tehdä muihin rakenneluokkiin kuuluvissa muuntamoissa. On myös syytä ottaa huomioon, että tekniset ja taloudelliset näkökulmat voivat joissain tapauksissa tehdä magneettikenttää vähentävät toimenpiteet kannattaviksi ilman kartoitusta.

Taulukko 2: Muuntamoiden rakenneluokittelu ja arvio magneettikenttäsuarviosta.

| Rakenne- luokka | Kuvaus | Pj-yhdistyksen aiheuttama magneettikenttätaso naapuritilassa | Kartoitustarve | Mittauksen merkitsevyys* | Huom. |
|--------------------|---|---|---|--------------------------|---|
| U1 | Kiskot lähellä kattoa | Suoritusarvon ylittymisen mahdollista | Tarpeellinen | Merkitsevä | |
| U2 | Kaapelit lähellä kattoa | Suoritusarvon ylittymisen mahdollista | Tarpeellinen | Merkitsevä | |
| U3 | Koteloidut kiskot tai kaapelit lähellä kattoa | Suositusarvon ylittymisen epätodennäköistä | Ei Tarvetta | Merkitsevä | Kartoitus tarpeellinen, jos koteloinnin laadussa ja laajuudessa on epäselvyyttä |
| M1 | Muuntaja ja pienjännitekeskus "selät vastakkain", koteloitamaton yhdistys | Suositusarvon ylittymisen epätodennäköistä | Ei tarvetta | Indikatiivinen | Katon kautta viety pienjänniteyhdistys tai hyvin matala muuntamotila aiheuttavat kartoitustarpeen |
| M2 | Muuntaja ja pienjännitekeskus "selät vastakkain", koteloitu yhdistys | Suositusarvon ylittymisen epätodennäköistä | Ei tarvetta | Indikatiivinen | Hyvin matala muuntamotila aiheuttaa kartoitustarpeen |
| M3 | Kaapelit seinällä | Suositusarvon ylittymisen yläpuolella epätodennäköistä, seinän takana mahdollista | Tarpeellinen, jos seinän takana PP-tila | Indikatiivinen | Kaapeleiden reitin tietäminen tärkeää, jotta voidaan arvioida, mihin tiloihin magneettikenttä kohdistuu |
| D | Kaapelit lattialla tai lattiakanavassa | Suositusarvo ei yleensä ylity | Ei tarvetta | Indikatiivinen | Muiden muuntamon laitteiden vaikutus on pienjänniteyhdistystä merkittävämpi |

* Mittauksen merkitsevyydellä tarkoitetaan, kuinka hyvin muuntamotilasta tehtävä mittaus kuvaa yläpuoliseen tilaan aiheutuvaa magneettikenttää. Merkitsevä mittaus antaa hyvän arvion yläpuolisen tilan magneettikentästä. Indikatiivisen mittauksen tulosta voidaan käyttää lähinnä luokittelujen vertailuun. Mikäli suositusarvo alittuu muuntamotilassa, alittuu se luonnollisesti myös ympäröivässä tilassa.

2.2 Muuntamoiden kartoitus

Muuntamoiden kartoitusten avulla on tarkoitus valikoida muuntamot, joille on tarpeellista tehdä magneettikenttätasoa alentavia toimenpiteitä. Kartoitukset voidaan tehdä omana työnä tai ostaa ulkopuolelta. Olennaista on, että kartoituksen tekijät on perehdytetty työhön ja he ymmärtävät, mikä on kartoituksen tavoite ja millä tavalla kartoitukseen kuuluvat mittaukset on tehtävä. Erityisesti, jos kartoituksia tekee useampi työryhmä, on perehdytys erityisen tärkeää, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Työryhmässä on hyvä olla ainakin kaksi jäsentä, koska liikutaan sähköverkon prosessitiloissa.

2.2.1 Esitiedot

Muuntamon tietojen selvittäminen ennen kartoitusta on oleellista esimerkiksi kartoituksen ajankohdan valitsemisessa. Myös muut muuntamon taustatiedot on hyvä selvittää etukäteen, koska muuntamossa voidaan samalla tarkastaa, että tietojärjestelmistä saadut tiedot pitävät paikkansa.

Muuntamon osoite ja kulkureitti on selvitettävä muuntamon löytämiseksi. Muuntamon ikä ja uudistamisen viimeinen ajankohta antavat tukea toimenpiteiden optimointiin. Muuntamon pohja- tai kojeistopiirrosta tarvitaan mittaustulosten merkintään. Muuntamon kuormituskäyrän avulla valitaan mahdollisimman hyvä mittausajankohta. Kartoitusajankohta kannattaa valita siten, että muuntamo on mahdollisimman suuressa kuormassa. Tämä johtaa erityisesti asuinalueilla kartoitusten ajoittumiseen ilta-aikaan. Muuntajan nimellisteho ja käytännön maksimivirta ovat tarpeellisia tietoja tuloksia tulkittaessa.

2.2.2 Kartoitus

Kartoitus koostuu muuntamossa tehtävistä pienjänniteyhdistyksen kuormitusvirran mittauksista, magneettivuon tiheyden hetkellisten RMS -arvojen mittauksista pienjännitekeskuksen ja tarvittaessa muiden komponenttien ympä-

ristöstä sekä muuntamotilan ja ympäröivien tilojen havainnoimisesta. Kartoituksen toteutus voi edetä esimerkiksi seuraavassa järjestyksessä.

1) Muuntamon ympäröivät tilat selvitetään mahdollisimman tarkasti. Mikäli voidaan luotettavasti olettaa, että missään naapuritilassa väestö ei oleskele merkittävää aikaa, ei kartoitusta tarvitse jatkaa pidemmälle.

2) Tarkastetaan pohja- tai kojeistopiirroksen paikkansapitävyys ja tarvittaessa tehdään muutokset. Merkitään piirustukseen nollajohtimen sijainti. Tarkastetaan muuntajan nimellisteho.

3) Mitataan pienjänniteyhdistyksen ja katon välinen etäisyys. Mitataan tai arvioidaan katon paksuus. Mitataan pienjänniteyhdistyksen vaiheväli (vierekkäisten vaihejohtimien keskipisteiden välinen etäisyys). Mikäli pienjänniteyhdistys on symmetrisoitu, merkitään symmetrisointitapa ylös.

4) Selvitetään muuntamon kartoituksen aikainen kuormitusvirta. Virta voidaan katsoa pienjännitekeskuksen mitta-reista, mikäli ne katsotaan riittävän luetettaviksi. Toinen vaihtoehto on mitata kuormitusvirta esim. pihtimittarilla.

5) Magneettivuon tiheyden mittaus suoritetaan ensisijaisesti pienjänniteyhdistyksen alapuolelta. Mittausetäisyys on summa pienjänniteyhdistyksen etäisyydestä kattoon ja katon paksuudesta. Liikuttamalla magneettikenttämittaria pienjänniteyhdistyksen suuntaisesti keskimmäisen vaihejohtimen alapuolella, haetaan kohta, jossa magneettivuon tiheys on pienin. Yleensä kohta löytyy läheltä pienjänniteyhdistyksen keskikohtaa, koska tähän pisteeseen muuntamon muut komponentit vaikuttavat useimmiten vähiten. Kyseisen mittauspisteen magneettikenttä kuvaa parhaiten yläpuolisen tilan lattian pinnassa olevaa magneettikenttää.

Mikäli yhdistyksen alapuolelta mittaaminen ei onnistu, tehdään mittaukset katosta pienjänniteyhdistyksen sivulta

tai yläpuolelta. Jos mahdollista, mitataan nollajohtimesta katsottuna vastakkaiselta puolelta. Tällainen tilanne voi tulla vastaan, jos mitataan muita rakenneluokkia kuin U1, U2 tai U3, tai pienjänniteyhdistys on niin lyhyt, että pienjänniteyhdistyksen alapuoliseen pisteeseen vaikuttavat voimakkaasti muuntaja ja pj-keskus. Tällaisista mittauksista ei suoraan voida arvioida yläpuoliseen tilaan aiheutuvaa magneettikenttää. Mittaustulokset voidaan siirtää yläpuoliseen tilaan soveltuvalla laskentamenetelmällä, jos magneettikenttämittausten yhteydessä on mitattu vaakaja pystysuuntainen etäisyys mittauspistettä lähinnä olevaan johtimeen, pienjänniteyhdistyksen vaiheväli sekä pienjänniteyhdistyksen ja yläpuolisen tilan lattian välinen etäisyys. Lisäksi magneettikenttämittaus kannattaa tehdä vähintään 20 cm etäisyydeltä lähimmästä pienjänniteyhdistyksen johtimesta, jolloin tulosten siirtämisen tarkkuus on mahdollisimman hyvä.

6) Valokuvataan muuntamotila. Tilasta olisi hyvä saada yleiskuvia, joista selviää laitteiden sijainti toisiinsa nähden. Lisäksi voidaan ottaa detailikuvia esimerkiksi symmetrisoinnista tai muista erityisratkaisuista.

Kartoituksessa on huomioitava työturvallisuus. Magneettivuon tiheyden mittari on hyvä kiinnittää esimerkiksi eristysauvaan, jotta mittaja ei joutu liian lähelle jännitteisiä osia. Vastaavasti pienjänniteyhdistyksen ja katon välisen etäisyyden ja vaihevälin mittaamisessa on huomioitava työturvallisuus. Virtaa mitattaessa on mittajaan oltava tähän tehtävään pätevä.

2.2.3 Kartoituksen raportointi

Kartoituspöytäkirjaan kerätään muuntamon luokittelutiedot ja esitiedot. Kartoituksen ajankohta ja mittaja on myös merkittävä, samoin magneettivuon tiheyden mittaukseen käytetty mittari. Valokuvat liitetään mittauspöytäkirjaan.

Muuntamon pohjapiirroksen merkitään mittauskohdat. Mittauskohta tulisi saada sidottua johonkin muuntamon kiinteään rakenteeseen, jotta mittaus voidaan tarvittaessa toistaa samasta pisteestä. Mittaustulokset voidaan merkitä joko suoraan muuntamon pohjapiirrokseen tai numeroida mittauspisteet ja merkitä mittaustulokset erikseen numeroidussa järjestyksessä.

3 Asiakkaan yhteydenoton perusteella tehtävät kartoitukset

Asiakkaan yhteydenotosta lähtevä kartoitustarve aiheuttaa periaatteessa samat toimenpiteet, kuin luvussa 2 on kuvattu. Mikäli muuntamoiden luokittelu on jo tehty, voidaan osasta kohteista arvioida suoraan, miten todennäköisesti suositukset ylittyvät. On kuitenkin huomattava, että laitehäiriöitä voi aiheutua huomattavasti väestön suositusarvoja pienemmällä magneettikentillä. Jos asiakas haluaa magneettikenttiä mitattavan, kannattaa pyrkiä mittaamaan asiakkaan tiloissa, koska muuntamotilasta tehtävät mittaukset ovat parhaimmillaankin vain arvioita todellisesta tilanteesta yläpuolisessa tai naapuritilassa. Mittauksen aikainen kuormitusvirta pitää selvittää myös asiakkaan tiloissa mitattaessa. Vertailun vuoksi magneettikentätaso kannattaa kartoittaa samalla muuntamotilan puolelta, jolloin asiakkaan sähkölaitteet eivät vaikuta tulokseen. Kuitenkin asiakkaan tiloissa tehtävät mittaukset ovat ensisijaisia. Mittaustulokset on hyvä raportoida kirjallisena myös asiakkaalle.

4 Mittaustulosten tulkinnasta

Magneettivuon tiheyden mittausten tulokset liittyvät mittaushetken kuormitusvirtaan. Mittaustuloksia voidaan skaalata esimerkiksi muuntamon käytännön maksimivirtaan tai

nimellisvirtaan. Käytännön maksimivirtaan skaalaamalla saadaan nykyhetken kuormia vastaava pahin tilanne. Nimellisvirtaan skaalaamalla saadaan pahin mahdollinen tilanne, mikäli muuntajaa ei ylikuormiteta. Magneettivuon tiheyden yliaaltojen osuus yleensä pienenee kuormituksen kasvaessa. Tämän johdosta skaalaamalla suositusarvo aina esimerkiksi yliaaltokertoimella 3, voidaan päätyä todellisuutta synkempään arvioon magneettikentätasosta.

Muuntamon sisältä mitatut tulokset eivät kerro suoraan naapuritilojen magneettikentistä. Luonnollisesti jos muuntamon sisällä katon tai seinän pinnassa väestön suositusarvo ei ylity, ei se muuntamon aiheuttamana ylity myöskään ympäröivässä tilassa. Väestön altistumisen kannalta on kuitenkin olennaisempaa arvioida luotettavasti naapuritilaan aiheutuvaa magneettikenttää. Mikäli kartoituksen yhteydessä on saatu arvioitua katon tai seinän paksuus ja mittaukset on tehty tämän mukaiselta etäisyydeltä, voidaan skaalattua mittaustulosta pitää hyvänä arviona naapuritilan magneettikentästä. Mikäli mittaukset on tehty esimerkiksi pienjänniteyhdistyksen sivulta ja pienjänniteyhdistys on toteutettu kisko- tai kaapelisillalla, voidaan tulosten ekstrapolointiin käyttää Tampereen Teknillisessä yliopistossa kehitettyjä magneettikenttäkäyrästöjä.

Lisää tietoa aiheesta

Jokela K. Rakennusten magneettikenttien mittaaminen. STUK tiedottaa 1/2003.

ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Guidelines: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). 1998

ICNIRP. Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines. 2003

European Council. European Council Recommendation (1999/519/EC) on the limitation of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). 1999

Sosiaali- ja terveysministeriö. STM asetus (294/2002) ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamiseksi. 2002

Kettunen K. Magneettikentät Helsingin Energian kiinteistömuuntamoissa. Diplomityö. TTY. 2006

Nyberg H, Jokela K (toim.). Sähkömagneettiset kentät. STUK. 2006

Säteilyturvakeskuksen kotisivut www.stuk.fi

Yhteyshenkilöt TransCat -projektissa

Energiatoteutus ry: Elina Lehtomäki, Kenneth Hänninen
Tampereen teknillinen korkeakoulu: Tommi Keikko, Seppo Valkealahti

Fortum Espoo: Jaakko Tikamo
Helen Sähköverkko Oy: Kati Kettunen
Helsingin Energia: Martti Hyvönen
Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy: Osmo Salmisto
Tampereen Sähköverkko Oy: Reino Seesvuori
Turku Energia Sähköverkot Oy: Harri Salminen, Seppo Urhonen