

# KENTÄNSIETO EMC-TESTAUKSESSA

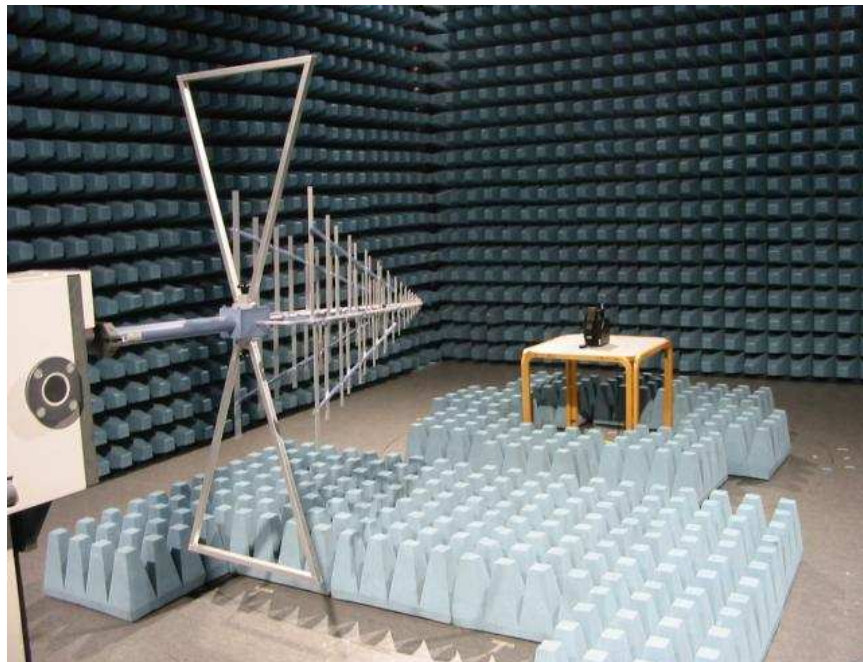
Pekka Pussinen - OH8HBG

pekka.pussinen @! oulu.fi

---

Uusien radioamatöörimääräysten ollessa valmistelun alla on julkisuuteen kerrottu mahdollisesta kentänvoimakkuusrajan asettamisesta radioamatööriläheteille niissä tapauksissa, kun lähete aiheuttaa häiriötä muille laitteille. Alustavasti on rajaksi kaavailtu 3 V/m-arvoa, jota käytetään kodielektroniikan EMC-testauksessa. Koska monelle asiaan vihkiytymättömälle ei radiotaajuisen kentän sietotestauksen problematiikka ole täysin tuttua, tämä artikkeli yrittää valottaa ongelmia ennenkaikkea säteilevän radiotaajuisen kentän siedon testaamisen kannalta.

Artikkelissa käydään läpi lyhyesti RF-kentän sietoon liittyvää testausta ja sen vaatimuksia mittausolosuhteilta. Koska koko EMC-testauksen selostaminen käytettävissä olevassa tilassa on mahdotonta, on muistettava asian olevan vain pintaraapaisu kokonaisuudesta. Artikkelissa mainitut standardit ja niiden sisältö on olennainen ydin testauksessa, joten viittauksilta niiden sisältöön ei voida välttyä. Asioita on kuitenkin yksinkertaistettu ja poikkeustapauksia jätetty käsittelemättä.



Kuva 1. Kentänsietotestaus siirrettävillä vaimentimilla toteutetussa puolikaiuttomasta mittaustilasta muutetussa täyskaiuttomassa huoneessa

EMC, electromagnetic compatibility eli sähkömagneettinen yhteenopivuus, on ollut tutkimuksen kohteena elektroniikkateollisuudessa jo vuosikymmeniä. Julkisuuteen aihe nousi vasta 1990-luvun alussa, kun Euroopan Unioni julkaisi EMC-direktiivin 89/336/ETY, jolla määriteltiin kaikille Euroopan Unionin alueella saatavilla oleville sähkölaitteille vaatimus toimia muiden laitteiden kanssa samassa ympäristössä häiritsemättä muita tai häiriintymättä muiden aiheuttamista häiriöistä. Direktiivi astui voimaan 1992 ja sen siirtymäaika päättyi 1.1.1996. Käytännössä direktiivin takia kaikki sähkölaitteet EMC-testataan, jotta laitteiden vaatimuksenmukaisuus voidaan osoittaa.

Direktiivi itsessään ei määrittele mittausmenetelmiä tai raja-arvoja laitteiden vaatimukselle, vaan ne määritellään direktiivissä annettujen yhdenmukaistettujen standardien avulla. EMC-standardit jaetaan perus-, yleis-, tuoteperhe- ja tuotestandardeihin. Yleensä standardien määrittelyt kulkevat ketjussa, eli yleisstandardissa viitataan perusstandardiin, tuoteperhestandardissa yleisstandardiin jne. Tämän vuoksi mittausmenetelmät ovat lähes yhtenevät hyvinkin erityyppisille laitteille.

EMC-direktiivi koskee ainoastaan kaupallisesti valmistettuja ja markkinoillaolevia laitteita, mutta se ei ota kantaa loppukäyttäjien tekemiin muutos- ja parannustöihin. Luonnollisesti esimerkiksi sähköturvallisuusmääräykset estävät laitteiden muuttamisen tavalliselta kuluttajalta, mutta radioamatööreillä on mahdollisuus määräysten puitteissa rakentaa omia laitteitaan ja luovuttaa niitä toisille amatööreille. Vaikka ennakoalvontaa ja CE-merkintää ei itserakennetuissa laitteissa tarvitakaan, eivät ne silti saa aiheuttaa häiriötä muille laitteille tai radioliikenteelle.

### **Standardeista ja testauksesta**

Standardien luonti, niiden muodostuminen ja leviäminen ylhäältä alaspäin, on oma polkunsaa. Tässä artikkelissa ei selvitetä tätä menetelmää, vaan esitellään lyhyesti kotitalouksissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden standardit joita käsitellään tekstissä.

Häiriönsiedon osalta tavallisin yleisstandardi on EN 50082, joka viittaa säteilevän radiotaajuuden kentänsiedon osalta EN 61000-4-3 -perusstandardiin. EN 61000-sarjan standardit määrittävät mittausmenetelmät, mutta sovellettavat raja-arvot kerrotaan joko tuoteperhestandardeissa tai niiden puuttuessa esimerkiksi em. yleisstandardissa. Lisäksi laitteilta vaaditaan mm. johtuvan radiotaajuuden häiriön, ESD-purkausten ja jännitelähteen häiriöiden siedon vaatimuksia.

EN 61000-4 -sarjan standardit ovat hyvä lähtökohta mille tahansa kuluttajien käyttämien laitteiden testaukselle. Esimerkiksi ETSIn tietoliikennelaitteiden standardit, mukaanlukien GSM- ja UMTS-standardit, viittaavat juuri näihin standardeihin. Lisäksi sulautetun tietotekniikan lisääntyessä kodinkoneissa näiden

standardien käyttö yleistyy entisestään.

EMC-testauksessa pitää muistaa muutama perusasia, jotka pätevät niin sieto- kuin häiriöpäästömittauksiinkin. Ensimmäinen perusasia on, että laitteisiin tai niiden käyttöohjeisiin on liitettävä CE-merkki. Tällä osoitetaan EMC-direktiivin määrittelemän vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen olemassaolon. CE-merkki siis osoittaa, että laitetta saa vapaasti myydä ja kuljettaa EU:n alueella ja että vaatimuksenmukaisuusvakuutus on olemassa. Merkki ei itsessään osoita, että laite olisi standardien mukainen, kestäisi standardeissa määritellyt vaatimukset tai että EMC-testausta olisi laitteelle ylipäätään suoritettu.

Toinen muistettava näkökohta on, että laitteen valmistaja tai maahantuoja määrittelee käytettävät standardit. Jos laite voidaan luokitella useiden standardien alaisuuteen tai laitteelle voidaan suorittaa useiden eri tasojen testauksia, on päätösvalta yleensä valmistajalla. Tämän vuoksi kodinlaitteissa tehdään mittaukset pääsääntöisesti pienimmällä tasolla, mikä riittää varmistamaan minimivaatimukset. Osasyynä tähän mittaustapaan on ulkopuolisissa mittauslaboratorioissa suoritettujen testauksen korkea hinta ja se, että testaus suoritetaan yleensä vain tuotteen suunnittelun loppuvaiheessa, kun valmistusprosessi on jo käynnistynyt.

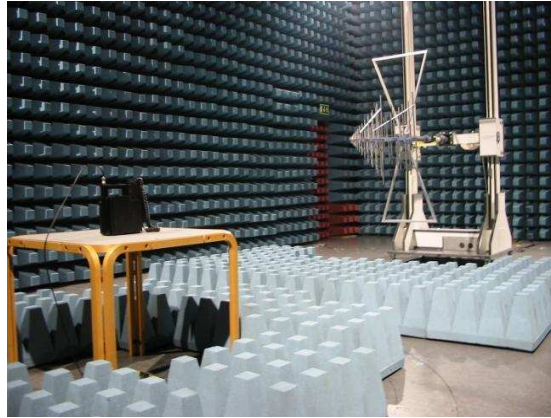
### **Kentänsietotestauksen rajat**

Säteilevän radiotaajuuden kentän sietotestauksen pohjana käytetään yleensä EN 61000-4-3 -standardia. Standardi määrittää mittausmenetelmät vaadittavalle sietotasolle 80-1000 MHz taajuusalueella, eli mittausta ei suoriteta tämän taajuuskaistan ulkopuolella.

Mittausmenetelmät standardi määrittelee kentänvoimakkuuksien 1, 3 ja 10 V/m testaamiseen, joista tuoteperhe- tai yleisstandardissa on määritelty haluttu raja-arvo. Raja-arvot on määritelty kompromissina eri maiden viranomaisten, laitevalmistajien ja muiden sidosryhmien kanssa, joten ne eivät suoranaisesti kuvaa tyypillisiä häiriöympäristöjä vaan ovat poliittisesti luotu raja. Kodin elektroniikassa tämä raja-arvo on yleensä 3 V/m.

Testauksen raja-arvojen määrittelemisen lisäksi laitteelle määritellään toimintaluokka, joita on neljä: toimintaluokan A laitteet toimivat testin aikana kuten ilman ulkoista häiriötäkin, toimintaluokan B laitteet toimivat heikommin kuin normaalisti (esimerkiksi audiovahvistimessa ääneen tulee häiriötä) ja toimintaluokan C laitteet keskeyttävät toimintansa tai eivät muuten toimi halutusti (esimerkiksi kuva katoaa televisiosta), mutta palautuvat normaaliin toimintaan itsestään tai käyttäjän toimesta (esimerkiksi virran uudelleenkytkentä). Toimintaluokan D laitteet sen sijaan vaurioittuvat tai vaativat huoltoa ennen uudelleenkäytettävyyttään.

Testaus suoritetaan käyttäen radiolähetettä, jota on AM-moduloitu 1 kHz sinisignaali 80% modulaatiosyvyydellä. Mittaus suoritetaan eri taajuuksilla siten, että yksittäinen taajuusmuutos ei saa olla yli 1% suurempi edellisestä taajuudesta. Jokaiselle taajuudelle on määritelty kentän tasaisuuden mittausvaiheessa oma tehotaso, jolla yhtäläinen kentänvoimakkuus saavutetaan koko tutkittavalla taajuuskaistalla.



Kuva 2. Kuvitteellinen tilanne, jossa ennen vuotta 1995 valmistettua laitetta testataan EN 61000-4-3 -standardin mukaisesti

Testattava laite asetetaan testauksen ajaksi radiotaajuiseen tasaiseen kenttään ja siihen kohdistetaan haluttu kentänvoimakkuus vähintään niin pitkäksi aikaa, että mahdollinen kentänsieto-ongelma on ehditty havaita laitteen toiminnasta. Samalla laitteen toimintaa tarkkaillaan, jotta varmistetaan laitteen toimivuus testauksen ajan. Mittaus toistetaan siten, että ainakin laitteen jokainen sivu tutkitaan erikseen sekä vaaka- että pystypolarisaatiosuunnilla. Tarvittaessa ongelmatilanne tulee voida toistaa samoilla taajuuksilla ja kentänvoimakkuusarvoilla.

### Mittaustilan vaatimukset

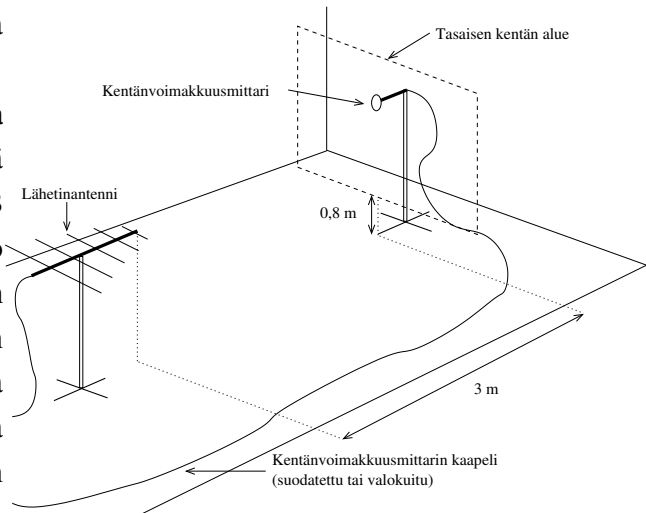
Tavallisesti kentänsietotestaus suoritetaan häiriösuojatussa ja radiokaiuttomassa huoneessa. Häiriösuojausvaatimus johtuu testauksessa käytettävistä radiolähetimistä ja antenneista, joten muun radioliikenteen häirintä on estettävä. Radiokaiuttomuusvaatimus johtuu puolestaan kentän tasaisuuden vaatimuksesta, sillä testattava laite halutaan altistaa tasaisesti koko alueeltaan testattavalle kentänvoimakkuudelle.

Mittaustilan ominaisuuksille määritellään standardissa EN 61000-4-3 kentän tasaisuudelle, field uniformity, mittausmenetelmä joka on täytyttävä mittauksia suoritettaessa.

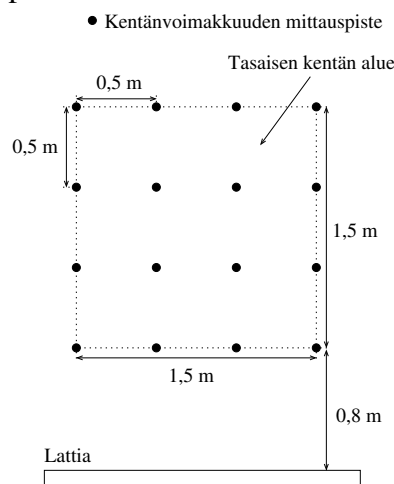
Normaalisti kentän tasaisuusmittaus suoritetaan 1,5x1,5 m pystysuoralle alueelle joka on 3m päässä lähetinantennista (kuva 3). Mitattavan alueen koko määräytyy testattavan laitteen koon mukaan ja voi olla mainittua arvoa suurempi tai pienempi. Tasaisuusmittausalue jaetaan kuuteentoista mittauspisteeseen jotka ovat 0,5 m etäisyydellä toisistaan (kuva 4). Kentänvoimakkuutta ei ole mahdollista saada tasaiseksi johtavan maatasen lähellä, joten tasaisen kentän vaatimus koskee vain yli 0,8 m korkeudella lattiatasosta olevaa aluetta. Jokaisen pisteen kentänvoimakkuus määritellään usealla eri taajuudella käyttäen isotrooppista kentänvoimakkuusmittaria

ja lähetyssä samaa lähtötehoa lähetyssantenniin syötettynä.

Vähintään 75% mittaustuloksista (eli ainakin 12 mittauspistettä 16:sta) tulee olla korkeintaan 6 dB suurempia kuin alin mitattu arvo näistä pisteistä. Neljän mittaustuloksen arvot siis hylätään kentän tasaisuusvaatimuksesta, ja ainoastaan kahdentoista mittaustuloksen arvoa käytetään tehonsäädön määrittämiseen mittaustilanteeseen. Eri taajuuksilla mitattuna nämä 12 käytettävää pistettä saavat olla eri pisteitä alueesta.



Kuva 3. Kentänvoimakkuuden tasaisuuden mittaustilanteeseen.



Kuva 4. Kentänvoimakkuuden mittaustilanteeseen. Eri taajuuksilla mitattuna nämä 12 käytettävää pistettä saavat olla eri pisteitä alueesta.

Kentän tasaisuusmittauksen avulla voidaan siis olettaa, että koko testattava laite on vähintään halutun suuruudessa kentässä mittaustilanteessa, mutta 75% laitteen pinta-alasta voi altistua jopa kaksinkertaiselle sähkökentälle, ja loppuosa vieläkin suuremmalle tai nimelliskenttää pienemmälle kentänvoimakkuudelle.

Mittausten kannalta oleellista on määrittellä myös epävarmuustekijät mittaustilanteessa. Tällaisen epävarmuuslaskelman muodostavat mm. kaapeleiden häviöiden, lineaarivahvistimen tarkkuuden ja antennin sovituksen epävarmuus, ja ennen kaikkea antennin suuntakuvion ja vahvistuksen epävarmuus.

### Pohdiskelua laboratorioista

Kentän tasaisuuden mittausta ei suoriteta välttämättä jokaisen testauksen alkaessa, mutta ainakin yhdellä mittaustilanteella tulee varmistaa edellisen tasaisuusmittauksen perusteella laaditun kalibrointikäyrästä luotettavuus ennen jokaista testiä. Mikäli radiokaiuton huone toteutetaan siirreltäville vaimentimilla, joudutaan tasaisuusmittaus toistamaan pahimmillaan jokaisella testauskerralla erikseen.

Standardin mukainen mittaustilanteeseen ei kuvaa oikeaa tai väärää mittaustilanteeseen, vaan se antaa yhtäläisen mittaustilanteeseen eri laboratorioille. Siksi ei voida sanoa, antaako kentänsiedon mittaustilanteeseen oikeista toimintaolosuhteista jotka laitteen tulee täyttää. Lisäksi

suuri sallittu hajonta kentänvoimakkuudelle tunnetussa laboratorio-olosuhteessa kuvaa hyvin mittauksen epävarmuutta, kun ollaan tekemisissä absoluuttisten kentänvoimakkuusarvojen kanssa ilmarajapinnalla.

Todellisessa ympäristössä kentän tasaisuuden ja kentänvoimakkuuden määrittelemisen tietyn laitteen ympäristössä on lähes mahdotonta. Heijastavat pinnat aiheuttavat mittaustilanteeseen ns. kuumia pisteitä, jolloin osa laitteesta altistuu voimakkaammalle kentälle kuin muu osa. Samoin mittausalueessa esiintyy nollakohtia, jossa kentänvoimakkuus pienenee huomattavasti keskimääräisestä.

## Lopputulos

Vaikka säteilevän radiotaajuisten kentän sietotestaus on osa EMC-testausta, on hyvä muistaa, että kokonaisvaltainen testaus käsittää lukuisan joukon muita, merkittävämpiä testejä. Näistä mielenkiintoisimmasta päästä on säteilevän häiriönpäästön testaus, jonka problematiikka on vielä kentänsietotestauksikin laajalaisempi.

Puhuttaessa absoluuttisista tehotasoista radiotaajuisessa kentässä joudutaan ottamaan huomioon suuri määrä epävarmuustekijöitä. Vaikka epävarmuutta voidaan pienentää laboratorio-olosuhteissa, ei siitä päästä edes hallitussa ympäristössä kokonaan eroon.

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden kannalta katsottuna tuotekehitysprosessissa suurin saatava hyöty ja varmatoimisin laite olisi tuotettavissa koko tuotteen suunnitteluprosessin aikaisella EMC-testauksella. Valitettavasti tämä ei yleensä ole mahdollista aikataulujen ja taloudellisten seikkojen johdosta, mutta suunnittelijat ovat jo alkaneet hahmottaa hyötynäkökohdat uusien tekniikoiden testaamisen aloittamisesta jo lohkoprototyypivaiheessa.

Alussa mainitsin mahdollisesta radioamatöörien läheteiden kentänvoimakkuusrajasta, jonka pohjana olisi EMC-standardeissa määritelty raja-arvo. Tämä artikkeli on toivottavasti antanut lukijoilleen käsityksen, että kentänvoimakkuuden mittaamisessa on huomattavasti epävarmuutta jo laboratorio-olosuhteissakin, ja että itse CE-merkintä ja EMC-vaatimukset eivät takaa laitteen toimintaa kuluttajan kannalta häiriöttömästi normaaleissakaan olosuhteissa. Laboratorion ulkopuolella, missä ei ole käytettävissä yhdenmukaistettuja mittaolosuhteita ja standardinmukaisia mittausten menetelmiä, kentänvoimakkuuden määrittäminen luotettavasti on lähes mahdotonta.

Tämä artikkeli on julkaistu Radioamatööri-lehden numerossa 3/2004.