



[www.leenakorpinen.fi](http://www.leenakorpinen.fi)

Tämä Tilannekatsaus on luettavissa myös [html-muodossa](#).

## Lisää tietoa pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille altistumisesta



**Tilannekatsaus: 1 / 2011 - julkaistu 30. kesäkuuta 2011**

Sisältö:

01: Pääkirjoitus

02: Rooman konferenssissa esillä muiden muassa artikkeleja altistumisesta sähkö- ja magneettikentille

03: Yhteisanalyysi magneettikenttiä ja lapsuusiän leukemiaa käsittelevistä uusista tutkimuksista

04: Ihmisen kognitiivinen suorituskyky käyttötaajuisessa 3 mikrotreslan magneettikentissä

05: Työntekijä- ja ympäristöaltistus pientaajuisille magneettikentille: henkilökohtainen seurantatutkimus suuresta työntekijäjoukosta Italiassa

06: Arviointi plasmapallojen aiheuttamille välitaajuisille sähkökentille ja kosketusvirroille altistumisesta

07: Pientaajuiset sähkömagneettikentät ja naisten rintasyöpäriski: meta-analyysi

08: Lyhyt katsaus verkkotaajuisia sähkö- ja magneettikenttiä koskevaan epidemiologiaan ja laboratoriotieteeseen

09: Väestöaltistus 50 hertsin magneettikentille Ranskassa: yleistuloksia ja suurjännitteisten voimajohtojen vaikutus

10: EEG-tutkimus magneettikuvauksella altistumisesta 60 hertsin magneettikentille

11: Monimuotoinen tutkimus 60 hertsin magneettikenttien vaikutuksesta ihmisen keskushermostoon

12: Altistuminen pientaajuisille magneettikentille työpaikoilla ja asuinalueilla sekä hermostoa rappeuttavat sairaudet: meta-analyysi

13: ”Likainen sähkö” – mitä, missä ja pitäisikö huolestua?

Tiedot tilaamiseen liittyen katsauksen alareunasta.

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos

Tilannekatsaus ISSN 1799-4594

---

Nro. 01

### **Pääkirjoitus**

Viimeisen puolen vuoden aika on ollut tavallista enemmän kansainvälisiä konferensseja tai seminaareja, joissa on käsitelty pientaajuisiin kenttiin liittyviä terveystieteellisiä kysymyksiä. Helmikuussa Roomassa EBEA (European bioelectromagnetics association) järjesti kymmenennen konferenssinsa. Maaliskuussa Cigre piti EMF-ELF 2011 konferenssinsa Pariisissa, ja



toukokuussa oli vuorossa WHO:n ja ICNIRP:n yhdessä järjestämä NIR & Children's Health konferenssi Ljubljanassa. Aloitan tällä kertaa katsauksen esittelemällä muutamia Tampereen teknillisen yliopiston Rooman konferenssissa julkaisemia papereita. Lisäksi olen ottanut mukaan artikkeleja Cigren konferenssista. Ne löytyvät katsauksen loppuosasta. Samoja asioita, joita on käsitelty Cigren konferenssissa, oli esillä myös Roomassa ja Ljubljanassa. Itselleni jäi Rooman konferenssista erityisesti mieleen se, että yksi tutkimusryhmä on kiinnostunut tutkimaan yli 1000  $\mu\text{T}$  tasoisten magneettikenttien terveysvaikutuksia. Selvästi pienempien magneettikenttien vaikutuksia on tutkittu jo varsin paljon viime vuosina.

Ljubljanassa kiinnitin huomiota erityisesti Ranskassa tehtyyn tutkimukseen, jonka mukaan lapsien tavallista suurempi magneettikentille altistuminen (yli 0,4  $\mu\text{T}$ ) aiheutuu yleisimmin kelloradiosta. He olivat tutkineet noin 1000 lapsen altistumista. Pidän heidän havaintoa ihan merkittävänä ja odotan mielenkiinnolla, miten tieto vaikuttaa tulevaisuudessa uusiin tutkimuksiin. Voimajohtojen aiheuttaman altistuksen osuus on selvästi vähäisempää kuin on ehkä aikaisemmin oletettu.

Olen löytänyt tähän katsaukseen uusia mielenkiintoisia tieteellisiä lehtiartikkelejakin. Niissä on mukana esimerkiksi analyysiä magneettikentille altistumisen ja lapsuusiän leukemian välisestä yhteydestä. Myös ihmisen kognitiivista suorituskykyä magneettikentässä on tutkittu. Italialainen tutkimusryhmä on tehnyt laajan seurantatutkimuksen työntekijöiden altistumisesta (työpaikalla, kotona ja kodin ulkopuolella).

Vaikka tilannekatsaus keskittyykin pientaajuisiin sähkö- ja magneettikenttiin, otin mukaan myös yhden artikkelin, jonka kenttäaltistus kuuluu välitaajuusalueelle (300 Hz–100 kHz). Kyseisessä artikkelissa on tutkittu plasmapalloa. Plasmapallot ovat lähinnä koristeena toimivia ja kosketettaviksi tarkoitettuja lelulaitteita, joissa sopivalla jännitteellä saadaan aikaan ionisoidun kaasun avulla sähköpurkauksia. Näissä altistuminen on varsin huomattavaa. Plasmapallo on hyvä esimerkki altistuksesta, jota ei tule välittämättä edes ajatelleeksi sellaisen kohdatessaan. Kaikkea mielenkiintoista sitä keksitäänkin.

Kuten edellä mainitsin, tämä tilannekatsaus keskittyy pientaajuisiin sähkö- ja magneettikenttiin, mutta siitä huolimatta haluan mainita, että WHO:n alainen syöväntutkimuskeskus (IARC) päätti 31.5.2011 luokitella matkapuhelimiin liittyvät radiotaajuiset sähkömagneettiset kentät mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi (2B). Uutinen on ollut paljon esillä mediassa.

Juurin kun olin julkaisemassa tätä tilannekatsausta, komissio antoi ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheuttaville riskeille. Ehdotuksessa on esitetty mm. seuraavat arvot (50 Hz kentille): orientaatioarvot 10 kV/m ja 1000  $\mu\text{T}$ , toiminta-arvot 20 kV/m ja 13320  $\mu\text{T}$ . Lisäksi ehdotuksessa on esitetty sitovat raja-arvot (kehon sisäiset sähkökentänvoimakkuudet), jotka käytännössä voisivat ylittyä vain edellä mainittuja ulkoisen sähkö- tai magneettikentän arvoja korkeammilla altistustasoilla. Direktiiviehdotusta käsitellään jatkossa EU:n toimielimissä. Palaan aiheeseen seuraavassa katsauksessa.

Mukavaa lukuhetkeä tilannekatsauksen parissa!

Leena Korpinen,  
Tilannekatsauksen päätoimittaja  
Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristöterveys

---



Nro. 02

Päätöimittajan kommentti: Kotimaisia tutkimusaineistoja oli esillä konferenssissa ”10th International Conference of the European Bioelectromagnetics Association” Roomassa. Artikkelit keskittyivät työntekijöiden altistumiseen. Altistuminen on monesti varsin pientä ja mitatut arvot pieniä.

## **Rooman konferenssissa esillä muiden muassa artikkeleja altistumisesta sähkö- ja magneettikentille**

Kolmessa TTY:n konferenssiartikkelissa, jotka olivat esillä EBEA:n konferenssissa, käsiteltiin työntekijöiden altistumista.

Ensimmäisessä artikkelissa verrattiin työntekijöiden magneettikenttäaltistumista Suomessa ja Italiassa. Vertailuun oli otettu mukaan aikaisemmin kerättyjä altistusmittausaineistoja molemmista maista. Mukana olleet työtehtävät vaihtelivat, mutta yhteenvetona voitiin todeta, että altistuksesta lasketut keskiarvot ovat varsin pieniä ja altistuksen mediaani oli suurella osalla työntekijöitä alle 0,4  $\mu$ T tason.

Toisessa artikkelissa käsiteltiin esimerkkejä työntekijöiden altistumisesta Suomessa. Tähän artikkeliin oli kerätty yhteen TTY:n ja Työterveyslaitoksen aikaisempia mittausaineistoja. Aineisto perustui hetkittäisiin mittauksiin. Magneettikenttien osalta suurimmat altistukset liittyvät hitsaukseen. Niissä magneettikenttäaltistus voi ylittää ICNIRP:n ohjearvon. Sähkökenttien osalta suurimmat työntekijäaltistukset esiintyvät sähköasemilla.

Kolmannessa artikkelissa on analysoitu lisää 110 kV sähköasemilla tehtyjä sähkökenttämittauksia. Tarkastelun kohteeksi valittiin huoltotasolla tehtävät työt. Mikäli työntekijä joutuu työskennellessään avaamaan kojeiston oven, sillä on vaikutusta hänen altistumiseensa. Artikkelissa on vertailtu huoltotasolla tehtyjä mittauksia sen mukaan, onko mittauksessa kojeiston ovi ollut auki vai kiinni. Tulosten mukaan oven ollessa auki sähkökenttä on noin -2,2 % pienempi kuin kojeiston oven ollessa kiinni. Myös etäisyydellä on vaikutusta. Jos työntekijä on varsin kaukana kojeistosta, hänen avatessaan oven kentän vaimenemista ei tapahdu yhtä paljon.

Lähteet:

Korpinen L, Lahtinen S, Gobba F 2011. Comparison between the occupational ELF magnetic field exposure in Finland and in Italy. 10th International Conference of the European Bioelectromagnetics Association, Rome, 21-24 February 2011

Alanko T, Pääkkönen R, Lahtinen S, Korpinen L, 2011. Examples of occupational ELF electric and magnetic field exposure in Finland. 110th International Conference of the European Bioelectromagnetics Association, Rome, 21-24 February 2011

Pääkkönen R, Lahtinen S, Korpinen L, 2011. The doors of operating devices mitigation influence to the electric field exposure at 100 kV substation on service platforms. 10th International Conference of the European Bioelectromagnetics Association, Rome, 21-24 February 2011

Hakusanat: magneettikentät, ammatillinen altistus, 110 kV sähköasema

---



Nro. 03

Päätoimittajan kommentti: Tutkijoiden loppupäätelmä oli, että magneettikenttiä ja lapsuusiän leukemiaa käsittelevät uudet tutkimukset eivät aiheuttaneet muutoksia aiempiin arvioihin siitä, että magneettikentille altistuminen on mahdollisesti syöpää aiheuttavaa.

## ***Yhteisanalyysi magneettikenttiä ja lapsuusiän leukemiaa käsittelevistä uusista tutkimuksista***

Aiemmissa yhteisanalyyseissä oli raportoitu yhteys magneettikenttien ja lapsuusiän leukemian välillä. Kheifets ja kumppanit suorittivat yhteisanalyysin, jossa he hyödynsivät tietoja vuoden 2000 jälkeen julkaistuista asuinalueiden pientaajuisia magneettikenttiä ja lapsuusiän leukemiaa käsittelevistä tutkimuksista.

Analyysiin sisältyi seitsemän tutkimusta, joissa oli yhteensä 10 865 tapausta ja 12 853 verrokkaa. Pääanalyysissä keskityttiin 24 tunnin magneettikenttämittauksiin tai asuntojen laskettuihin magneettikenttiin.

Yhdistetyissä tuloksissa leukemiariski kohosi altistuksen lisääntyttyä, mutta arviot olivat epätarkkoja. Vertailuluokkaan  $< 0,1 \mu\text{T}$  verrattuna todennäköisyydeksi altistusluokassa  $0,1-0,2 \mu\text{T}$  saatiin 1,07, altistusluokassa  $0,2-0,3 \mu\text{T}$  1,16 ja luokassa  $\geq 0,3 \mu\text{T}$  1,44. Todennäköisyydet kasvoivat jonkin verran, kun jätettiin huomioimatta tuloksiin eniten vaikuttanut brasilialainen tutkimus, jossa oli suuri määrä voimakkaasti altistuneita. Kasvavaan trendiin viittasi myös ei-parametrinen analyysi.

Tutkimuksen tulokset osoittivat yhteyden magneettikenttien ja lapsuusiän leukemian välillä, aivan kuten aiemmissakin yhteisanalyyseissä. Kaiken kaikkiaan yhteys oli heikompi uusissa tutkimuksissa kuin aiemmissa. Uudet olivat kuitenkin pieniä tutkimuksia ja niissä oli metodologisia puutteita, jotka vaikeuttivat näennäisen yhteyden analysointia. Uusista tai vanhemmista tutkimuksista ei pystytty varmuudella rajaamaan pois harhoja tai vääristäviä tekijöitä.

Tutkijat tulivat siihen lopputulokseen, että magneettikenttiä ja lapsuusiän leukemiaa käsittelevät uudet tutkimukset eivät aiheuttaneet muutoksia aiempiin arvioihin magneettikenttien mahdollisesta karsinogeenisyydestä.

Lähde:

Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, Mezei G, Oksuzyan S, Schüz J, Swanson J, Tittarelli A, Vinceti M and Wunsch Filho V. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer* 2010;103, 1128–1135.

Hakusanat:

magneettikentät, lapsuusiän leukemia, yhteisanalyysi, meta-analyysi

---



Nro. 04

Päätoimittajan kommentti: Tutkimus ei antanut vahvistusta sille oletukselle, että magneettikentillä olisi selkeitä vaikutuksia ihmisen kognitiivisiin toimintoihin. Tutkijat kuitenkin arvioivat, että pientaajuiset magneettikentät saattavat haitata joitakin neurologisia prosesseja, jotka liittyvät lyhytkestoiseen oppimisvaikutukseen.

### ***Ihmisen kognitiivinen suorituskky käyttöaajuisissa 3 mikroteslan magneettikentissä***

Pientaajuisten (< 300 Hz) magneettikenttien on tutkimuksissa raportoitu muuttavan ihmisten kognitiivista suorituskkyä, esimerkiksi huomiokkyä ja muistia. Altistumisesta voimakkaammille magneettikentille, joita esimerkiksi voimajohtojen parissa työskentelevät ja ammattihitsarit kohtaavat, on kuitenkin olemassa vain vähän tutkimuksia.

Tässä tutkimuksessa haluttiin arvioida 60 Hz:n, 3 mT:n magneettikenttien vaikutusta ihmisen kognitiiviseen suorituskkyyn sekä vastausten oikeellisuuden että suoritusnopeuden suhteen. Yhteensä 99 osallistujaa suoritti kaksoissokkometelmällä joukon psykometrisia testejä kahdessa magneettikenttäaltistuksessa, joiden välissä oli vähintään yksi päivä. Magneettikenttäaltistustilan testissä määritteli satunnainen jako kolmeen eri ryhmään (valealtistus/valealtistus, magneettikenttäaltistus/valealtistus tai valealtistus/magneettikenttäaltistus). Osallistujat eivät havainneet, olivatko he altistettuja vai eivät.

Tiedot analysoitiin käyttämällä 3 (ryhmän) x 2 (jakson) sekamalli-varianssianalyysia. Testejä toistettaessa suorituskky parani 11 psykometrisessa parametrissa 15:stä (harjoitusvaikutus). Numerosarjojen toistotestissä (digit span forward) havaittiin merkittävä yhteisvaikutus magneettikenttäaltistuksen kanssa, kun kummallakaan altistusryhmistä ei esiintynyt harjoitusvaikutuksen aiheuttamaa parannusta tässä tehtävässä, toisin kuin verrokiryhmällä. Tämä muistitehtävä osoitti, että magneettikentät vaikuttavat kumoavasti harjoituksen tuomaan kehitykseen.

Kaiken kaikkiaan tämä tutkimus ei antanut vahvistusta siihen, että magneettikentillä olisi selkeitä vaikutuksia ihmisen kognitiivisiin toimintoihin. Tutkimusryhmä arvioi, että pientaajuiset magneettikentät saattavat haitata niitä neuropsykologisia prosesseja, jotka vastaavat aivojen synaptisen plastisuuden tukemasta lyhytkestoisesta oppimisvaikutuksesta. He suosittelivat tutkimaan jatkossa aivoissa tapahtuvia magneettikenttäaltistuksen aiheuttamia muutoksia EEG:n ja funktionaalisen magneettikuvauksen avulla.

Lähde:

Corbacio M, Brown S, Dubois S, Goulet D, Prato F.S, Thomas A.W, Legros A. Human Cognitive Performance in a 3 mT Power-Line Frequency Magnetic Field. Bioelectromagnetics, published online 2011

Hakusanat:

kognitio, 60 Hz, pientaajuinen magneettikenttä, suorituskky, voimajohtot



Nro. 05

Päätoimittajan kommentti: Artikkelissa on tutkittu italialaisten työntekijöiden altistumista työpaikalla, kotona ja kodin ulkopuolella. Altistuksen mediaanit ovat varsin pieniä (työssä 0,14  $\mu$ T, kotona 0,3  $\mu$ T ja kodin ulkopuolella 0,05  $\mu$ T).

### ***Työntekijä- ja ympäristöaltistus pientaajuisille magneettikentille: henkilökohtainen seuranta tutkimus suuresta työntekijäjoukosta Italiassa***

Pientaajuisien magneettikenttien haittavaikutuksia käsittelevän epidemiologisen tutkimuksen todistusvoimaa pidetään riittämättömänä, ja mahdollinen syy siihen on epätarkka altistusarviointi. Tässä tutkimuksessa haluttiin arvioida työntekijöiden nykyistä altistumista pientaajuisille magneettikentille, työpaikka- ja ympäristöaltistuksen vaikutusta koko 24 tunnin altistukseen sekä työaltistusmatriisin (JEM) edustavuutta. Kyseessä oli ensimmäinen Italiassa näin suuresta työntekijäjoukosta julkaistu tutkimus, jossa mitattiin sekä työpaikka- että ympäristöaltistusta näin pitkältä aikaväliltä.

Pientaajuisille magneettikentille altistumista mitattiin henkilökohtaisilla annosmittareilla 543 iältään 17–62-vuotiaalta työntekijältä. Päiväkohtaisten vaihteluiden poissulkemiseksi mittaus suoritettiin kahtena päivänä. Suuri työntekijäjoukko edusti useita eri ammattiryhmiä keramiikkateollisuuden, koneenrakennuksen, tekstiiliteollisuuden, vähittäiskaupan, puuteollisuuden, biolääketieteen alalla sekä graafisella ja elintarvikealalla. Tutkimusryhmä loi työaltistusmatriisin vuonna 1988 laaditun ammattien vakioluokituksen (ISCO 88) perusteella.

Aikapainotetut altistustason keskiarvot (TWA) mitattiin töissä, kotona ja kodin ulkopuolella, ja niitä verrattiin keskenään. Altistuksen mediaani töissä oli 0,14  $\mu$ T, kotona 0,03  $\mu$ T ja kodin ulkopuolella 0,05  $\mu$ T. Työpaikka-altistuksen osuus oli merkittävin, 60 prosenttia koko 24 tunnin altistuksesta. Altistustasojen mediaanit kotona ja kodin ulkopuolella olivat 20–28 % työpaikan altistustasosta, eli niiden vaikutus päivittäiseen kokonaisaltistukseen oli vähäinen. Työpaikka-altistus pientaajuisille magneettikentille osoittautui vähäiseksi, selvästi alle ICNIRP:n ohjearvojen.

Työaltistusmatriisissa noin 50 prosentissa luokitelluista ammanteista yksilökohtaiset aikapainotetut keskiarvot olivat merkittävästi eroavia. Saman työtehtävänimikkeen alle lukeutuvilla työntekijöillä esiintyi siis tutkimuksessa usein erilaisia aikapainotettuja keskiarvoja, mikä korostaa luokitusvirheen riskiä työaltistusmatriisiin perustuvassa epidemiologisessa tutkimuksessa pientaajuisista magneettikentistä.

Lähde:

Gobba F, Bravo G, Rossi P, Contessa G, Scaringi M. Occupational and environmental exposure to extremely low frequency-magnetic fields: a personal monitoring study in a large group of workers in Italy. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, published online 6 April 2011

Hakusanat:

sähkömagneettiset kentät, henkilökohtainen seuranta, työntekijäaltistus, ympäristöaltistus, aikapainotettu keskiarvo, työaltistusmatriisi

---



Nro. 06

Päätoimittajan kommentti: Mielenkiintoinen esimerkki elinympäristön laitteesta (lelusta), jonka aiheuttama altistus on yllättävän suurta. Plasmapallot toimivat välitaajuudella (300 Hz–100 kHz), joten niiden aiheuttamaa altistusta ei voi verrata sähköjärjestelmän aiheuttamaan altistukseen.

## **Arviointi plasmapallojen aiheuttamille välitaajuisille sähkökentille ja kosketusvirroille altistumisesta**

Vaikka välitaajuisia (pientaajuuksien ja radiotaajuuksien välissä, 300 Hz–100 kHz) sähkökenttiä ei käytetä laajalti teollisuudessa, tietyt lelut muodostavat – yllättävää kyllä – normaalista elinympäristöstämme löytyvät voimakkaimmat sähkökentät. Nämä lähinnä koristeena toimivat ja kosketettaviksi tarkoitettut lelulaitteet, plasmapallot, käyttävät sopivaa jännitettä saadakseen aikaan ionisoidun kaasun avulla sähköpurkauksia, toisin sanoen valokaaria.

Kun plasmapallo kytketään päälle, matalapaineinen kaasu ionisoituu ja sähkö purkautuu näkyvänä valokaarena elektrodista lasikuvun sisäpintaan. Laitteissa on vain yksi elektrodi, joten käytetyn virran paluukanava on laitteen ulkopuolinen ilma. Jos henkilö koskettaa pallon pintaa tai oleskelee lähellä palloa, kapasitiivisen kytkeytymisen muodostama virta kulkee alhaisemman resistanssin vuoksi henkilön eikä ilman kautta maahan.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin altistumista plasmapallolaitteen aiheuttamille sähkökentille sekä indusoidulle virralle ja kosketusvirralle. Altistusta arvioitiin mittaamalla laitteen tuottaman sähkökentän voimakkuus, ranteen läpi kulkeva virta kosketettaessa laitetta (kosketusvirta) sekä nilkan läpi kulkeva virta seistäessä lähellä laitetta (indusoitu virta). Sähkökentän voimakkuus mitattiin laitteen etäisyyden funktiona, ja indusoitu virta sekä kosketusvirta mitattiin pihktivirtamittarilla eri altistustilanteissa piste- tai tartuntakosketuksesta.

Kun sähkökentän ja kosketusvirran tyypilliset spektrit oli mitattu, sovellettiin sekä useiden taajuuksien sääntöä että spektrin painotusta kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn toimikunnan ICNIRP:n vuosina 1998 ja 2010 antamien ohjeiden mukaan. Tulokset osoittivat, että ICNIRP:n suosittelemat väestöaltistuksen ohjearvot ylittyivät alle 1,2 metrin etäisyyksillä ja että kosketusvirrat kädessä saattoivat olla kaksinkertaiset suositeltuihin väestöaltistuksen ohjearvoihin nähden.

Lähde:

Alanko T, Puranen L, Hietanen M. Assessment of Exposure to Intermediate Frequency Electric Fields and Contact Currents From a Plasma Ball. Bioelectromagnetics, published online May 2011

Hakusanat:

sähkökenttäaltistus, välitaajuinen sähkökenttä, kosketusvirta, indusoitu virta, plasmapallo

---



Nro. 07

Päätoimittajan kommentti: Kyseessä on meta-analyysi, jossa on käsitelty yhteensä 15 tutkimusta vuosilta 2000 - 2009 sisältäen yhteensä yli 24 000 diagnosoitua rintasyöpätapausta. Tutkijoiden johtopäätös on, että pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisella ei ole yhteyttä naisten rintasyöpäaalttiuden kanssa.

### ***Pientaajuiset sähkömagneettikentät ja naisten rintasyöpäriski: meta-analyysi***

Pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen on epäilty lisäävän naisten rintasyövän riskiä, mutta tiedot ovat kuitenkin olleet riittämättömiä. Kyseessä on maailman toiseksi yleisin syöpä, jonka osuus kaikista naisten syöivistä on 16 %. Sen syytä tunnetaan huonosti, joten tutkimus mahdollisesta yhteydestä on äärimmäisen tärkeää niin rintasyövän aiheuttajien kuin kansanterveydellisten vaikutusten kannalta.

Saadakseen tarkemman arvion pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen ja naisten rintasyövän välisestä yhteydestä tutkimusryhmä suoritti meta-analyysin. He poimivat julkaisuja tietokannoista Medline, PubMed, Embase, Cochrane Library ja Web of Science hakusanoilla "rintasyöpä", "rintakasvain" ja sähkömagneettiset kentät".

Tutkimusryhmä käytti yhteyttä arvioidessaan karkeita todennäköisyyksiä 95 %:n luottamusvälillä. Tämä meta-analyysi käsitti yhteensä 15 tutkimusta vuosilta 2000–2009 – joko tapaus-verrokkitutkimuksia tai kohorttitutkimuksia – ja sisälsi 24 338 diagnosoitua rintasyöpätapausta ja 60 628 verrokkia. Altistustapoina tutkimuksissa olivat olleet altistus työpaikalla tai asuinalueella ja sähköhuovan aiheuttama altistus.

Tulokset eivät osoittaneet merkittävää tilastollisesti yhteyttä pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen ja naisten rintasyöpäriskin välillä kokonaisanalyysissä eikä altistustapojen, vaihdevuositilanteen tai estrogeenireseptoritilanteen osalta suoritetuissa alaryhmäanalyyseissa. Tämä tulos oli yhtenevä aiemman, Errenin vuonna 2000 suorittaman meta-analyysin kanssa.

Tutkimusryhmä teki tämän meta-analyysin perusteella sen johtopäätöksen, että pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisella ei ole yhteyttä naisten rintasyöpäaalttiuden kanssa. Meta-analyysissä joudutaan luottamaan alkuperäisiin tutkimustuloksiin ja lukuihin sekä alkuperäisten laatijoiden valintoihin. Valintaharjojen, altistuksen väärinluokitusten ja väärin muuttajien mahdollisuus on olemassa, vaikkakin tutkimusryhmä piti sitä tässä vähäisenä.

Lähde:

Chen C, Ma X, Zhong M, Yu Z. Extremely low-frequency electromagnetic fields exposure and female breast cancer risk: a meta-analysis based on 24,338 cases and 60,628 controls. *Breast Cancer Res Treat* 2010;123, (2):569-76

Hakusanat:

pientaajuiset sähkömagneettiset kentät, naisten rintasyöpä, meta-analyysi, syöpäriski

---





Nro. 08

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat ovat laatineet katsauksen verkkotaajuisten kenttien vaikutuksista. Tutkijoiden mukaan tällä hetkellä ei ole hyväksyttyjä laboratoriotutkimuksissa saatuja tuloksia, jotka osoittaisivat magneettikenttäaltistuksen karsinogeenisen vaikutuksen eläimiin. Eikä mekanismeja ole yleisesti hyväksytysti selitetty.

## ***Lyhyt katsaus verkkotaajuisia sähkö- ja magneettikenttiä koskevaan epidemiologiaan ja laboratoriotieteeseen***

Verkkotaajuisten magneettikenttien mahdollisia terveysvaikutuksia on tutkittu laajalti sekä epidemiologiassa että laboratoriotieteissä. Tässä tutkimuksessa luotiin katsaus saatavana oleviin todisteisiin molemmilta tieteenaloilta.

Ensimmäisessä, vuonna 1979 julkaistussa epidemiologisessa tutkimuksessa asuinalueiden magneettikenttäaltistuksesta raportoitiin kohonnut lapsuusiän leukemian ja lapsuusiän aivokasvainriski. Sen jälkeen on julkaistu kymmeniä epidemiologisia tutkimuksia lapsuus- ja aikuisiän syövästä, syöpään liittymättömistä tuloksista ja niiden suhteesta altistukseen työpaikoilla ja asuinalueilla.

Vuosina 2000 ja 2010 julkaistujen yhteisanalyyysien tulosten perusteella vallitsi tieteellinen yksimielisyys siitä, että asuinalueella yli 0,3 tai 0,4  $\mu\text{T}$ :n magneettikentille altistumisen ja lapsuusiän leukemian välillä oli johdonmukainen epidemiologinen yhteys. Lapsuusiän leukemian lisäksi muita terveysvaikutuksia ei liitetty magneettikenttäaltistukseen epidemiologisissa tutkimuksissa yhtä johdonmukaisesti.

Kansainvälinen syövätutkimuskeskus IARC on luokitellut pääasiassa näiden epidemiologisten todisteiden perusteella verkkotaajuisille magneettikentille altistumisen mahdollisesti karsinogeeniseksi ihmisille. Luokittelussa ei kuitenkaan ole muodostettu syy-seuraussuhdetta magneettikenttäaltistuksen ja lapsuusiän leukemian välille, koska vaihtoehtoisia selityksiä, kuten vääristäviä tekijöitä ja harhoja, ei ole voitu sulkea pois. Tällä hetkellä ei ole myöskään hyväksyttyjä laboratoriotodisteita, jotka osoittaisivat magneettikenttäaltistuksen karsinogeenisen vaikutuksen laboratorioeläimiin, eikä yleisesti hyväksyttyä, selittävää mekanismia siihen.

Laboratoriotutkimuksia tarvitaan täydentämään epidemiologisia tutkimuksia määriteltäessä mahdollisesti myrkyllisiä tai karsinogeenisiä ympäristöaltistuksia. IARC:n mukaan kaikki ihmisille karsinogeenisiksi tunnistetut kemikaalit ovat myös antaneet positiivisia tuloksia jyrsijöillä asianmukaisissa tutkimuksissa. Juuri missään eliökokeissa altistuminen verkkotaajuisille magneettikentille ei ole johtanut jyrsijöillä kohonneeseen syövän kehitykseen. Joidenkin magneettikenttäaltistuksen kanssa positiivisia tuloksia antaneiden (esim. lisääntynyt syöpägeenien esiintyminen) koeputkikokeiden toistaminen ei ole useimmiten onnistunut.

Lähde:

Mezei G, Kavet R. A Brief Overview of Epidemiology and Laboratory Science Concerning Power-Frequency Electric and Magnetic Fields. EMF-ELF-2011: B-O-01

Hakusanat:

sähkö- ja magneettikentät, epidemiologia, laboratoriotiede, eliöko

---



Nro. 09

Päätoimittajan kommentti: Ranskassa on tutkittu laajasti väestön altistumista pientaajuisille magneettikentille. Yli 0,4  $\mu\text{T}$  aritmeettinen keskiarvo todettiin 3,1 %:lla lapsista. Pääasiallinen altistuslähde heidän kohdalla oli kelloradio.

## ***Väestöaltistus 50 hertsin magneettikentille Ranskassa: yleistuloksia ja suurjännitteisten voimajohtojen vaikutus***

Vuonna 2001 kansainvälinen syöväntutkimuskeskus IARC luokitteli pientaajuiset magneettikentät mahdollisiksi karsinogeneeiksi ihmisille. Päätös perustui epidemiologisissa tutkimuksissa lapsuusiän leukemiariskin ja 24 tunnin, keskimäärin yli 0,4  $\mu\text{T}$ :n magneettikenttäaltistuksen väliltä löytyneeseen tilastolliseen yhteyteen, jota ei ole vahvistettu kokeellisilla tuloksilla.

Vuonna 2006 Ranskan terveysministeriö aloitti laajan tutkimuksen väestön henkilökohtaisesta altistuksesta 50 Hz:n magneettikentille. Tavoitteena oli kerätä tietokanta 1000 lapsesta (0–14 vuotta) ja 1000 aikuisesta. Altistustiedot kerättiin vuosina 2007–2009.

Vapaehtoiset valittiin satunnaisesti puhelinluetteloista. Osallistujat kantoivat mukanaan magneettikenttämittaria 24 tunnin ajan ja pitivät samalla kirjaa aikataulustaan. Lisäksi kaikki täyttivät kyselylomakkeeseen tiedot sosiaalisesta ja ammatillisesta taustastaan sekä kodistaan. GPS-koordinaatit osallistujien kotiovilta lähetettiin sähköyhtiöille lähellä olevien sähköverkkojen tunnistamiseksi.

Kaikkiaan arvioitiin lapsilta 977 magneettikenttää ja aikuisilta 1052. Lapsilla 24 tunnin altistuksen aritmeettinen keskiarvo oli 0,09  $\mu\text{T}$  ja geometrinen keskiarvo 0,02  $\mu\text{T}$ , aikuisilla vastaavat luvut olivat 0,14  $\mu\text{T}$  ja 0,03  $\mu\text{T}$ . Tilastollinen analyysi osoitti, että lähellä voimajohtoja asuvat altistuivat voimakkaammin kuin kaukana asuvat mutta heidän keskimääräinen altistuksensa ei eronnut lähellä sähköistettyjä rautateitä asuvista.

Kun tutkimusryhmä tarkasteli voimakkaimpia keskimääräisiä altistuksia, voimajohdot eivät olleet altistusten lähde. 3,1 prosentilla lapsista havaittiin yli 0,4  $\mu\text{T}$ :n aritmeettinen keskiarvo, mutta pääasiallinen altistuslähde oli kelloradio (henkilön todellinen altistus oli yliarvioitu). Kun nukkumisen aikainen altistus jätettiin pois tarkastelusta, 1,1 prosentilla lapsista havaittiin yli 0,4  $\mu\text{T}$ :n aritmeettinen keskiarvo, mikä oli yhdenmukainen aiempien tutkimusten kanssa.

Keskimääräisten altistusten analyysi osoitti, että tunnistetut muuttujat eivät yksin pystyneet selittämään keskiarvoja.

Lähde:

Magne I, Souques M, Lambrozo J, Bedja M, Fleury G, le Brusquet L. Exposure of the French population to 50 Hz magnetic fields: general results and impact of high voltage power lines. EMF-ELF-2011: B-O-02

Hakusanat:

magneettikenttä, henkilökohtainen altistus, väestöaltistus

---



Nro. 10

Päätoimittajan kommentti: Tutkimusryhmä on kiinnostunut magneettikenttien vaikutuksesta ihmisen neurofysiologiaan. Se on osoittanut, että magneettikuvauslaitteistolla synnytetyn 60 Hz altistuksen aikaista aivosähkökäyrää voidaan tutkia ilman, että koejärjestelyyn liittyvät erilaiset häiriötekijät vääristävät tuloksia.

## **EEG-tutkimus magneettikuvauksella altistumisesta 60 hertsin magneettikentille**

Ihmisen altistumisesta voimajohtojen taajuuksille (50–60 Hz) aiheutuvat vaikutukset herättävät paljon huolta. Erityisesti työntekijät voivat altistua suurille sähkömagneettikenttien voimakkuuksille pitkäaikaisesti. Monissa tutkimuksissa on perehdytty, millaisille voimajohtojen magneettikenttien voimakkuuksille työntekijät tai väestö altistuvat, kuinka pitkään ja onko sillä karsinogeenisia vaikutuksia.

Tutkimusaineistosta ovat puuttuneet kattavat mittaukset tämän taajuusluokan neurobehavioraalisista, fysiologisista ja kognitiivisista vaikutuksista. Vaikka pitkäkestoisia vaikutuksia kuten karsinogeenisyyttä on tutkittu, magneettikenttäaltistuksen hienovaraisempia seurauksia ei ole arvioitu yksityiskohtaisesti. Esimerkiksi työskennellessä korkealla olevien suurjännitteisten voimajohtojen parissa riskinä saattaa olla pienten muutosten lisääntyminen aivotoiminnassa, kuten tasapainossa, proprioseptiikassa, reaktionopeudessa, arvostelukyvyyssä ja hienomotoriikan ohjauksessa.

Tutkimusryhmä oli aiemmin tutkinut 60 Hz:n, 1800  $\mu$ T:n magneettikenttien vaikutuksia ihmisen neurofysiologiaan. He olivat löytäneet hienovaraisia vaikutuksia asentovapinaan ja seisomatasapainoon. He olivat myös tutkineet yhden tunnin 60 Hz:n, 3000  $\mu$ T:n magneettikentälle altistumisen vaikutuksia funktionaalilla magneettikuvauksella ja havainneet, että aivotoiminnan aktivointi oli muuttunut merkittävästi taputustehtävässä ja avaruudellisen hahmottamisen tehtävässä (kappaleiden pyöritys mielensisäisesti).

He tutkivat nyt 60 Hz:n magneettikentän vaikutuksia ihmiskohteeseen käyttäen 3T-magneettikuvauslaitetta aktiivisena altistusjärjestelmänä ja tallensivat lisäksi samalla EEG-käyrää käyttämällä 64-kanavaisia, magneettikuvauksen kanssa yhteensopivia antureita. Tutkimuksessa testattiin altistuminen magneettikentälle jatkuvana (90 s) ja jaksottaisesti (2 sekunnin altistuksia, sekunti altistuksetta, 150 jaksoa).

Tutkimusryhmä osoitti ensimmäisenä, että magneettikuvauslaitteistolla synnytetyn 60 Hz:n altistuksen aikaista aivosähkökäyrää voidaan tutkia ilman, että koejärjestelystä aiheutuvat häiriötekijät vääristävät tuloksia. Se aikoo suunnata tulevia voimajohtotutkimuksia kohti neurofysiologisten ja kognitiivisten vaikutusten objektiivisempaa mittausta käyttämällä rinnakkain mm. funktionaalista magneettikuvausta, EEG:tä ja elektromyografiaa (EMG). Vaikutusten tarkkailu akuutin altistuksen aikana voi auttaa vahvistamaan tai määrittämään lailliset rajat magneettikentän voimakkuudelle.

Lähde:

Modolo J, Juen N, Robertson J.A, Thomas A.W, Legros A. EEG frequency analysis of 60 Hz magnetic field exposure within the MRI. EMF-ELF-2011: B-O-04

Hakusanat:

voimajohtojen magneettikentät, aivosähkötutkimus; EEG, magneettikuvaus

---



Nro. 11

Päätoimittajan kommentti: Artikkelit kertoo tutkimuksesta, jossa magneettikuvauksen avulla on tutkittu 3000  $\mu$ T (60 Hz) magneettikentän vaikutuksia ihmisen kognitiiviseen suorituskäyttöön ja aivojen aktivoitumiseen. Myös jatkosuunnitelmista kerrotaan artikkelissa.

## **Monimuotoinen tutkimus 60 hertsin magneettikenttien vaikutuksesta ihmisen keskushermostoon**

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että pientaajuiset (alle 300 Hz) magneettikentät saattavat vaikuttaa ihmisen liikkeisiin, aivosähkötoimintaan ja aivoprosesseihin. EEG-tutkimuksissa on raportoitu pientaajuisten magneettikenttien voivan lisätä takaraivon alfa-rytmiä lepotilassa (8–12 Hz). Muissa tutkimuksissa on osoitettu, että pientaajuinen magneettikenttäaltistus voi muuttaa ihmisen motorista käyttäytymistä ja esimerkiksi heikentää seisomasapasainoa tai vähentää fysiologista vapinaa.

Tulokset ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia, ja varsinaisia mekanismeja ei tunneta kunnolla. Aiemmin tekemässään pilottitutkimuksessa tutkimusryhmä käytti funktionaalista magneettikuvausta tutkiessaan pientaajuisten magneettikenttien vaikutusta ihmisen aivotoimintaan. He havaitsivat, että 1800  $\mu$ T:n, 60 Hz:n magneettikentälle altistuminen saattoi lisätä aivojen aktivoitumistasoa taputettaessa rytmisesti etusormea ja peukaloa vastakkain.

Tässä seuranta-tutkimuksessa tutkittiin magneettikuvauksella 60 Hz:n, 3000  $\mu$ T:n magneettikenttien vaikutuksia ihmisen kognitiiviseen suorituskäyttöön ja aivojen aktivoitumiseen. Ensimmäinen tutkimusryhmä arvioi erilaisten psykometrinen testisarjojen avulla mahdollista vaikutusta ihmisen kognitiiviseen suorituskäyttöön, mutta sitä ei havaittu. Sitten tarkasteltiin funktionaalisen magneettikuvauksen avulla vaikutuksia aivotoiminnan aktivoitumiseen kognitiivisissa ja motorisissa tehtävissä, ja havaittiin muutoksia aivojen aktivoitumisessa tunnin altistuksen jälkeen.

Avaruudellisen hahmottamisen tehtävässä (kohde pyörittää geometrisia muotoja mielensisäisesti) tietyt visuaaliseen hahmottamiseen osallistuvat aivojen alueet vaikuttivat deaktivoituvan valikoivasti altistuksen jälkeen, mutta suorituskäyttö ei muuttunut. Tämä saattoi viitata ärsytyskynnyksen laskemiseen visuaalisen hahmottamisen prosesseissa altistuksen jälkeen. Sormien taputustehtävässä aivojen aktivoituminen lisääntyi vain sensomotoriseen havainnointiin osallistuvilla alueilla, mikä saattoi viitata aistipalautteen ärsytyskynnyksen laskuun altistuksen jälkeen.

Tutkimusryhmä aikoo seuraavaksi tutkia hypoteesia "synaptisesta siirrosta" keskittyen 60 Hz:n magneettikenttäaltistuksen aiheuttamiin magnetofosfeeneihin, jotka ovat hermojen ja sähkövirtojen yhteisvaikutuksesta syntyviä valoilmioita verkkokalvolla. Tavoitteena olisi määrittää kynnsarvo ilmiölle sekä tunnistaa siihen liittyvät neurofysiologiset muutokset hyödyntäen funktionaalista magneettikuvausta, aivosähkö-tutkimusta, tapahtumasidonnaisia herätepotentiaaleja ja elektromyografiaa.

Lähde:

Legros A, Miller J, Modolo J, Corbacio M, Robertson J, Goulet D, Lambrozo J, Plante M, Souques M, Prato F.S, Thomas A.W. Multi-modalities investigation of 60 Hz magnetic field effects on the human central nervous system. EMF-ELF-2011: C-O-01

Hakusanat: 60 Hz:n magneettikenttäaltistus, aivotoiminnan aktivoituminen, kognitiivinen toiminta, motorinen toiminta

---



Nro. 12

Päätoimittajan kommentti: Tutkimusryhmän tavoitteena on ollut laatia kattava, kriittinen arviointi pientaajuisille magneettikentille altistumisen yhteydestä hermostoa rappeuttaviin sairauksiin. Kirjoittajat arvelivat, että tulokset auttavat tunnistamaan metodologisia ongelmia tämänhetkisestä aineistosta sekä määrittelemään tulevia tutkimuskohteita.

### ***Altistuminen pientaajuisille magneettikentille työpaikoilla ja asuinalueilla sekä hermostoa rappeuttavat sairaudet: meta-analyysi***

Ikääntyvät väestöt sairastuvat yhä enemmän iästä johtuviin sairauksiin. Vuoteen 2040 mennessä hermostoa rappeuttavien sairauksien ennustetaan olevan toiseksi yleisin kuolinsyy. Tutkimusryhmän tavoitteena oli laatia kattava, kriittinen arviointi epidemiologisesta aineistosta, jossa oli käsitelty työpaikoilla ja asuinalueilla pientaajuisille magneettikentille altistumisen suhdetta hermostoa rappeuttaviin sairauksiin.

Tutkimusryhmä etsi PubMed-tietokannasta julkaisuja motoneuronitauteihin, Parkinsonin ja Alzheimerin tauteihin sekä dementioihin liittyvillä hakusanoilla. Koodaajat eivät tieneet laatijoita ja tuloksia, kun he poimivat tutkimustietoja, kuten julkaisupäivä, ammattien koodaustapa, altistuksen arviointi, mahdollisten väärin muuttujien määrä ja riskiarviot.

Tutkimuksissa oli keskitytty enemmän Alzheimerin ja motoneuronitauteihin, vähemmän Parkinsonin tautiin. Ensimmäiset Alzheimer-tutkimukset antoivat heikkoja todisteita yhteydestä sähkömagneettisiin kenttiin. Tutkimuksessa vuodelta 2008 arvioitiin järjestelmällisesti aineistoa pientaajuisten magneettikenttien ja Alzheimerin taudin välisestä yhteydestä ja havaittiin kohonnut sairastumisriski sekä heterogeenisyyttä alaryhmäanalyyseissä. 2000-luvulla tehdyissä tutkimuksissa yhteys "sähköammattien" ja ALS-taudin välillä vaikutti johdonmukaiselta, vaikka olikin epäselvää, mikä sen oli aiheuttanut. Pientaajuisten magneettikenttien ja Parkinsonin taudin väliltä ei tutkimuksissa löytynyt yhteyttä.

Tutkimusryhmä tarkasteli heterogeenisyyttä, herkkyyttä eri painotuskaavoille, Alzheimerin ja motoneuronitautien alaryhmien välisiä sisäisiä eroja, julkaisuharhoja sekä merkittävyyttä. Lopulliseen analyysiin otettiin mukaan 223 artikkelista 27, jotka edustivat 29 tutkimusta. Tulokset antoivat kattavan kuvan saatavana olevista epidemiologisista todisteista pientaajuisten magneettikenttien ja hermostoa rappeuttavien tautien välillä. Tutkimusryhmä arveli, että tulokset auttavat tunnistamaan metodologisia ongelmia tämänhetkisestä aineistosta sekä määrittelemään tulevia tutkimuskohteita.

Lähde:

Mezei G, Cho Y.S, Vergara X, Kheifets L. Occupational and Residential Exposure to Extremely Low Frequency Magnetic Fields and Neurodegenerative Disease: A Meta-Analysis. EMF-ELF-2011 – B-O-03

Hakusanat:

työntekijäaltistus, altistus asuinalueella, magneettikentät, hermostoa rappeuttavat sairaudet, Alzheimerin tauti, ALS-tauti, MS-tauti, Parkinsonin tauti

---



Nro. 13

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat tekivät aineistohaun termeillä ”likainen sähkö” ja ”suurtaajuiset jännitetransientit”. He havaitsivat mm. merkittäviä metodologisia puutteita.

### **”Likainen sähkö ”– mitä, missä ja pitäisikö huolestua?**

Tutkimuksissa on arvioitu, että 3–35 % väestöstä saattaa olla herkkiä ympäristönsä sähkömagneettisille kentille. Sähkö(yli)herkkien etujärjestöt ovat nimenneet ympäristöaltistuksen suurtaajuisille jännitetransienteille, joita kutsutaan myös likaiseksi sähköksi, merkittäväksi sähkömagneettisen saasteen biologisesti aktiiviseksi komponentiksi. Likaisella sähköllä on perinteisesti viitattu sähkövirran kulun katkoksissa syntyviin, vaurioita aiheuttaviin suurtaajuisiin jännitehuippuihin, mutta tässä yhteydessä tutkija tarkoittaa sillä radiotaajuisten transienttien tai suurtaajuisten jännitetransienttien aiheuttamia sähkömagneettisia kenttiä.

Tutkimuksessa suoritettiin aineistohaku PubMed-tietokannasta termeillä "likainen sähkö" ja "suurtaajuiset jännitetransientit", ja löydettiin ainoastaan seitsemän artikkelia aiheesta. Joissain tutkimuksissa suurtaajuisille jännitetransienteille altistuminen yhdistettiin syöpäriskeihin. Toisissa tutkimuksissa taas 4–100 kHz:n suurtaajuisten jännitetransienttien suodattamiseen 50–60 Hz:n pientaajuisista sähkömagneettikentistä liitettiin positiivisia vaikutuksia sairauksien oireissa (verensokeriarvot diabeetikoilla, MS-oireet, astma ja muut hengitysteiden sairaudet sekä unettomuus), hyvinvoinnissa (väsymys, ahdistus, yleinen terveydentila, ärtymys, tyytyväisyyden tunne, mieliala) sekä oppilaiden käyttäytymisessä.

Näissä kaikissa julkaistuissa tutkimuksissa havaittiin kuitenkin merkittäviä metodologisia puutteita tutkimusrakenteessa, altistuksen mittaustavoissa sekä tilastollisissa analyysissa. Sen vuoksi altistuksen ja haittavaikutusten välistä mahdollista kausaalista yhteyttä ei voitu arvioida luotettavasti. Tutkimuksessa ympäristöaltistusta suurtaajuisille jännitetransienteille pidettiin kiinnostavana lähestymistapana tutkia sähkömagneettisille kentille altistumista. Tämä lähestymistapa saattaisi tarjota selityksen virheellisiin tuloksiin epidemiologisissa tutkimuksissa, joissa on käytetty pientaajuisten ja radiotaajuisten kenttien perinteisiä altistuksen tutkintatapoja. Tutkimuksessa todettiin, että suurtaajuisten jännitetransienttien biologisen toiminnan luotettavan arvioinnin esteenä tällä hetkellä ovat kuitenkin julkaistujen tutkimusten metodologiset ongelmat.

Lähde: De Vocht F. “Dirty electricity”: what, where, and should we care?. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2010; 20, 399–405

Hakusanat: suurtaajuiset jännitetransientit, sähkömagneettiset kentät, radiotaajuus, terveysvaikutukset, likainen sähkö

---

Tekijät:

Päätoimittaja: Leena Korpinen

Toimitusassistentti: Sonator Oy

Tekninen ja graafinen toteutus: Zento Oy

Tilannekatsauksen rahoittaa Fingrid Oyj. Työ- ja elinkeinoministeriö osallistuu johtoryhmätyöskentelyyn.

Seuraava tilannekatsaus julkaistaan loppuvuodesta 2011

Arkiston löydät osoitteesta [www.leenakorpinen.fi](http://www.leenakorpinen.fi)

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos.

Tilannekatsaus ISSN 1799-4594