



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

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

## Kansainvälisten ohjearvojen tarkastelu käynnissä



**Tilannekatsaus: 2 / 2009 - julkaistu 30. joulukuuta 2009**

Sisältö:

01: Pääkirjoitus

02: Davosin konferenssissa esillä mittaustuloksia 110 kV avojohdoilta ja maakaapeleilta

03: Altistuksen arviointi ja muut haasteet lapsuusiän leukemiaa koskevissa ei-ionisoivan säteilyn tutkimuksissa

04: Altistuminen sähkömagneettisille kentille ja lapsuusiän leukemian riski

05: Vahvistavatko sähkömagneettiset kentät ympäristön karsinogeenien vaikutuksia?

06: Ympäristötekijät ja lapsuusiän leukemiariski

07: Akuutit lapsuusiän leukemiat ja altistuminen suurjännitteisten voimajohtojen muodostamille magneettikentille – riskitekijä Iranissa

08: Verkkotaajuiset magneettikentät ja lapsuusiän leukemiariski: altistumisen väärä luokittelu, kun etäisyyttä voimajohdoista on käytetty altistuksen korvikkeena

09: Sähkömagneettiset kentät työpaikalla ja leukemia sekä aivosyöpä: päivitys kahteen meta-analyysiin

10: Ammatillinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille ja matala- sekä korkea-asteisen gliooman riski

11: Pitkäaikainen altistuminen magneettikentille ja Alzheimerin taudin sekä rintasyövän riskit: biologinen jatkotutkimus

12: Kirjallisuuskatsaus: pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen vaikutukset sydän- ja verenkiertojärjestelmään

13: Sähkökenttien ihmiseen indusoimien virrantiheyksien arvioiminen

Tiedot tilaamiseen liittyen katsauksen alareunasta.

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessiteknikan laitos.

Tilannekatsaus

ISSN 1799-4594

---

Nro. 01

### **Pääkirjoitus**

Parhailaan on käynnissä kansainvälisten ohjearvojen tarkastelu sekä Euroopan unionissa että kansainvälisessä säteilysuojelutoimikunnassa, ICNIRP:ssa (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Jo edellisen tilannekatsauksen pääkirjoituksen lopussa kerroin odottavani uutta tietoa ICNIRP:n suunnasta. Uusia ohjearvoja ei ole vielä julkaistu.



Kuitenkin syksyn aikana ICNIRP antoi mahdollisuuden tutustua ennakkoon heidän luonnokseensa. He halusivat saada tällä kertaa palautetta ennen kuin julkaisivat lopulliset ohjeavonsa. Aikaisemmin en ainakaan muista, että kommentteja olisi pyydetty vastaavalla tavalla, mutta nykyään Internet tarjoaa hyvän mahdollisuuden tällaiseenkin kommenttien keräämiseen. ICNIRP:n ehdotuksessa uutta oli se, että virrantiheysarvoista oli luovuttu ja tilalle oli otettu kehon sisäiset sähkökentät. Muuten ehdotuksessa ohjeavot vaikuttivat sähköjärjestelmän kannalta pysyneen ennallaan.

Vaikka uusia ohjeavoja ei saatukaan vielä tähän katsaukseen, niin muuta mielenkiintoista on löytynyt. Tilannekatsauksen alussa kerrotaan parista BioEM2009-konferenssissa olleesta artikkelista. Konferenssi oli tämän alan tutkijoiden vuosittainen tapaaminen, jossa voi nähdä, mitä maailmalla tutkitaan. Matkapuhelimiin liittyvät asiat olivat konferenssissa varsin paljon esillä. Pientaajuisia kenttiä taas käsiteltiin varsin vähän.

Radiation Protection Dosimetry -lehdessä löytyi useita artikkeleita, joissa oli käsitelty lasten leukemiaa ja erilaisia ympäristötekijöitä sen mahdollisena riskitekijänä. Mielenkiintoista oli huomata, miten monia tekijöitä on tutkittu suhteessa lasten leukemiaan. Kaikkia artikkeleita ei ole otettu tähän mukaan, mutta yritin koota kiinnostavimmat.

Lasten leukemian lisäksi katsauksessa käsitellään myös muita syöpätyyppejä ja ammatillista altistumista. Katsauksien on tarkoitus painottaa väestöaltistukseen, mutta otin myös muutaman ammatillista altistumista koskevan artikkelin mukaan. Työntekijäpuolen tutkimuksien tulokset voivat kuitenkin tuoda uutta tietoa, joka on tärkeää myös väestön näkökulmasta.

Katsauksen viimeiseksi artikkeliksi valitsin oman artikkelini, joka käsittelee työntekijöiden altistumista 400 kV sähköasemilla ja voimajohdoilla. Ajattelin, että sekin voi lukijoita kiinnostaa, ja tietenkin oli mukava kertoa, että noin iso tutkimus on saatu niin valmiiksi, että siitä on jo kansainvälinen julkaisu. Aiheesta löytyy myös suomenkielinen artikkeli Sähkö&Tele -lehden numerossa 5/2009.

Ruotsin EU-puheenjohtajakaudella järjestettiin Uumajassa 6-8.10.2009 konferenssi 'Occupational exposure to EMF', jossa eri tahot kertoivat näkemyksiään uudesta vielä käsitteilyssä olevasta työntekijäaltistus koskevasta direktiivistä. Professori Jarmo Elovaara oli kutsuttu kertomaan tilanteesta sähköalan näkökulmasta. Hänen esityksen pääasiana oli sähkösiirtotoimialan mielipide työntekijädirektiiviin liittyvästä kyselystä, jolla komissio on selvittänyt eri tahojen mielipiteitä erilaisiin vaihtoehtoihin siitä, missä muodossa direktiivi voitaisiin saattaa voimaan.

Toivon, että olen löytänyt muitakin kiinnostavia artikkeleita katsaukseen.

Mukavaa lukuhetkeä tilannekatsauksen parissa!

Leena Korpinen,  
tilannekatsauksen päätoimittaja  
Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristöterveys

---



Nro. 02

Päätoimittajan kommentti: 110 kV avojohdojen ja kaapelien aiheuttamat kentät ovat selvästi alle väestön altistumista koskevien suositusarvojen.

## ***Davosin konferenssissa esillä mittaustuloksia 110 kV avojohdoilta ja maakaapeleilta***

Kesällä järjestettiin Davosissa Sveitsissä BioEM2009-konferenssi. Konferenssi keskittyi mm. sähkömagneettisten kenttien biologisiin vaikutuksiin. Tilaisuudessa oli esillä myös työ- ja elinkeinoministeriön rahoittaman tutkimushankkeen ”110 kV ja sitä suurempien voimajohtojen ja sähköasemien sähkö- ja magneettikentille altistumisen arviointi” tuloksia. Väestöaltistuksen näkökulmasta mielenkiintoisia ovat sähkö- ja magneettikentät 110 kV voimajohdoilla ja maakaapeleilla.

Voimajohtomittauksia (110 kV) käsittelevässä konferenssiartikkelissa esiteltiin mittaustuloksia kymmenellä pylväsvälillä. Mittaukset tehtiin yhden metrillä korkeudelta aina kyseisestä pylväsvälistä pois päin sekä johdon suuntaisesti. Mittarina käytettiin EFA-3 mittaria. Suurimmat sähkökentät olivat väliltä 0,5 - 2,3 kV/m ja magneettikentät väliltä 0,6 - 6,0 mikrotteslaa. Paikassa missä mitattiin suurin sähkökenttä (2,3 kV/m) kulki vieressä 400 kV voimajohto, joten se on voinut vaikuttaa mittaustulokseen. Seuraavaksi suurin mitattu sähkökenttäarvo oli 1,7 kV/m. Mitatut arvot jäivät selvästi väestön altistumista koskevan Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksen (294/2002) mukaisten suositusarvojen (5 kV/m ja 100 mikrotteslaa) alle.

Maakaapeleita (110 kV) käsittelevässä konferenssiartikkelissa esiteltiin mitattuja magneettikenttiä seitsemältä maakaapelilta. Mittauksia oli tehty maanpinnalla ja 1 m korkeudella maantasosta. Suurin arvo maanpinnalla mitattaessa oli 5 mikrotteslaa ja metrin korkeudella 1,7 mikrotteslaa. Mittauspaikoiksi yritettiin löytää sellaisia, missä kuormitusvirrat olisivat mahdollisimman suuria. Paikassa missä mitattiin suurimmat magneettikentät, virta oli mittauksen alussa ja lopussa 229,8 ampeeria. Myös nämä mittaustulokset ovat selvästi alle väestön altistumista koskevan STM:n asetuksen (294/2002) mukaisten suositusarvojen.

Lähteet:

Lehtelä R, Laurila T, Österholm L, Korpinen L. Magnetic field exposure of 110 kV underground power cables. BIOEM 2009 (Joint Meeting of The Bioelectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association), June 14-19, 2009, Davos, Switzerland

Österholm, L., Laurila, T., Lehtelä, R., Korpinen, L. Measuring exposure to electric and magnetic fields near 110 kV transmission lines in Tampere region. BIOEM 2009 (Joint Meeting of The Bioelectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association), June 14-19, 2009, Davos, Switzerland.

Hakusanat: 110 kV voimajohdot, 110 kV maakaapelit, altistuminen

---



Nro. 03

Päätoimittajan kommentti: Käsitellään altistumista sähkömagneettisille kentille (sisältää myös radiotaajuisia kenttiä) ja sen yhteyttä lapsuusiän leukemiaan. Todettu miten vaikeaa aihetta on tutkia. Lisäksi on kiinnitetty huomiota siihen, miten nopeasti tekniikka kehittyä ja altistuminen lisääntyy.

## ***Altistuksen arviointi ja muut haasteet lapsuusiän leukemiaa koskevissa ei-ionisoivan säteilyn tutkimuksissa***

Tutkimuksilla sähkömagneettisten kenttien (EMF) ja lapsuusiän leukemian kehittymisen yhteydestä on ollut ainutlaatuisia vaikeuksia. Sähkömagneettisia kenttiä ei voida havaita, niitä on kaikkialla, niillä on useita lähteitä ja ne voivat vaihdella paljon ajasta ja etäisyydestä riippuen. Sekä lapsuusiän leukemia että voimakas keskimääräinen altistuminen magneettikentille ovat melko harvinaisia. Tässä tutkimuksessa keskityttiin pien- ja suurtaajuuskenttäaltistuksen mittaamenetelmiin sekä lapsuusiän leukemiatutkimuksen haasteisiin.

Sähkömagneettisten kenttien epidemiologiassa suuria haasteita ovat voimakkaasti altistuneiden tapausten pieni määrä sekä altistuksen takautuvan arvioinnin välttämättömyys ja hankaluus. Vain sellaisilla tutkimuksilla, jotka on suunniteltu minimoimaan tutkimusharhat ja maksimoimaan tutkijan kyky havaita mahdollinen yhteys, voi olla mahdollisuus lisätä tietämystämme.

Uusia lähestymistapoja tarvitaan. Yksi lupaavimmista uusista lähestymistavoista pientaajuisten magneettikenttien alueella on kohorttitutkimus voimakkaasti altistuneista lapsista, jotka ovat asuneet sisäänrakennettujen muuntajien tai sähkötilojen viereisissä asunnoissa. Toinen lupaava tutkimuspolku on ympäristöaltistuksen (esim. sähkömagneettisten kenttien) ja geneettisten kofaktorien mahdolliset yhteisvaikutukset.

Ihmiset altistuvat yhä enenevässä määrin myös radiotaajuuksille sähkömagneettisille kentille mm. matkapuhelinten käytön myötä. Radiotaajuuskentille altistuksen mittaamenetelmät ovat kuitenkin vielä ”lapsenkengissä”. Nopeat muutokset tekniikassa ja matkapuhelinten käytön räjähdysmäinen kasvu tekee altistusmittauksista yhä vaikeampia ja tärkeämpiä. Tarvitaan hypoteeseja ja tutkimuksia niiden selvittämiseksi.

Lähde:

Kheifets L and Oksuzyan S. Exposure assessment and other challenges in non-ionizing radiation studies of childhood leukaemia. *Radiation Protection Dosimetry* 2008;132(2):139-147

Hakusanat: lapsuusiän leukemia, sähkömagneettiset kentät, radiotaajuus, mittaus

---



Nro. 04

Päätoimittajan kommentti: Käsitellään altistumista sähkömagneettisille kentille ja sen yhteyttä lapsuusiän leukemiaan. Mukana on myös radiotaajuiset kentät. Selviä yhteyksiä ei ole tutkijoiden mukaan osoitettu, mutta suosittelevat lisätutkimuksia.

## ***Altistuminen sähkömagneettisille kentille ja lapsuusiän leukemian riski***

Pientaajuiset magneettikentät on luokiteltu mahdollisiksi karsinogeneiksi ihmisille pääasiassa epidemiologisten tutkimusten perusteella. Suurtaajuiset (eli radiotaajuiset) sähkömagneettiset kentät eivät ole saaneet luokitusta, mutta tutkimuksiakin on tehty vähemmän. Tässä tutkimuksessa luotiin katsaus todisteisiin pientaajuisille ja radiotaajuisille magneettikentille altistumisen ja lapsuusiän leukemiariskin mahdollisesta yhteydestä.

Pientaajuisten magneettikenttien epidemiologisissa tutkimuksissa on todettu yhteys pitkäaikaisen keskimäärin yli 0,3/0,4  $\mu\text{T}$ :n magneettikentille altistuksen ja lapsuusiän leukemiariskin välillä. Tätä löydöstä selittävää mekanismia ei ole vahvistettu, eikä kokeellisista tutkimuksista ole ilmennyt kausaalista yhteyttä tukevia seikkoja. Sattumaa, valintaharhoja tai vääriä luokituksia ei ole voitu sulkea pois kohtuullisella varmuudella selityksenä havaitulle yhteydelle. Jos yhteys on kausaalinen, se selittää vain pienen murto-osan lapsuusiän leukemiatapauksista.

Suurtaajuisten radio- ja televisiolähettimien läheisyydessä oli havaittu jonkin verran lapsuusiän leukemiakeskittymiä Australiassa ja Italiassa tehdyissä tutkimuksissa. Kuitenkaan äskettäin Koreassa ja Saksassa tehdyt laaja-alaiset systemaattiset tutkimukset eivät ole osoittaneet yhteyttä lähetystorneista leviävien suurtaajuisten sähkömagneettisten kenttien ja lapsuusiän leukemiariskin välillä.

Uusia altistuksen lähteitä on paljon: matkapuhelinverkot, langattomat puhelimet ja langattomat tietoverkot, mutta niiden aiheuttama altistus on huomattavasti vähäisempää kuin radio- ja televisiolähettimien. Voimakkaampaa, mutta ajoittaista altistusta aiheuttaa matkapuhelinten käyttö. Tutkimuksia matkapuhelimien käytöstä ja leukemiariskistä murrosikäisillä nuorilla ja nuorilla aikuisilla ei ole tehty, mutta tutkijat suosittelevat niitä.

Lähde:

Schüz J and Ahlbom A. Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiation Protection Dosimetry* 2008;132(2):202-211

Hakusanat: sähkömagneettiset kentät, lapsuusiän leukemia, kausaalinen yhteys, pientaajuus, radiotaajuus

---



Nro. 05

Päätoimittajan kommentti: Mielenkiintoisia näkökulmia mahdollisen syöpäriskin tutkimiseksi. Esimerkiksi käsitelty sitä, jos kyseessä on yhteisvaikutus, jossa kenttäaltistuksen lisäksi pitää olla mukana myös kemiallinen tai fysikaalinen tekijä.

## ***Vahvistavatko sähkömagneettiset kentät ympäristön karsinogeenien vaikutuksia?***

Epidemiologisissa tutkimuksissa on raportoitu kohonnut leukemiariski pientaajuisille (ELF) magneettikentille (MF) altistuneilla lapsilla ja viitattu siihen, että pientaajuiset magneettikentät ovat karsinogeenia ihmisille. Karsinogeenisia vaikutuksia ei ole kuitenkaan havaittu eläinkokeissa, joissa on testattu pelkästään pientaajuisia magneettikenttiä. Myöskään genotoksisissa tutkimuksissa ei ole yleisesti ilmennyt vaikutuksia pelkästään magneettikentistä.

Pientaajuisien magneettikenttien on kuitenkin havaittu vahvistavan tunnettujen karsinogeenien tai mutageenien vaikutusta muutamissa eläinkokeissa ja useissa soluviljelmillä tehdyissä kokeissa. Näissä artikkeleissa paneuduttiin löydöksiin, joita oli ilmennyt pientaajuisien magneettikenttien ja jonkin muun fysikaalisen tai kemiallisen tekijän yhteisvaikutusten tutkimuksissa. Näissä tutkimuksissa vertailtiin positiivisten ja negatiivisten tutkimustulosten osalta tutkimusten ominaispiirteitä, jotka voisivat selittää tulosten erot.

Suurimmassa osassa viljellyillä soluilla tehdyistä kokeista oli havaittu positiivisia löydöksiä, mikä tukee päätelmää, että vähintään 100  $\mu$ T:n magneettikentät ovat vuorovaikutuksessa toisten kemiallisten ja fysikaalisten tekijöiden kanssa. Jatkotutkimuksia biofysikaalisista mekanismeista ja alle 100  $\mu$ T:n kenttien altistusvastesuhteesta kaivataan. Klassisen kasvaimen laukaisija-edistäjämallin mukaan suunnitellut eläinkokeet eivät välttämättä riitä magneettikenttien karsinogeenisia vaikutuksia edistävien seurausten tutkimiseen.

Jatkotutkimuksissa tarvittaisiin uusia tutkimusmalleja. Epidemiologista tietoa magneettikenttien vuorovaikutuksesta muiden ympäristötekijöiden kanssa on niukasti, ja ne eivät ole vakuuttavia. Mahdolliset jatkotutkimukset voivat olla vaikeita, koska sopivia yhteisaltistuksen kohteita on niukasti ja magneettikenttien voimakkuudet ovat huomattavasti alhaisempia kuin laboratoriossa tehdyissä kokeissa.

Lähteet:

Juutilainen J. Do electromagnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens. *Radiation Protection Dosimetry* 2008;132 (2):228-231

Juutilainen J, Kumiln T, Naarala J. Do extremely low frequency magnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? A meta-analysis of experimental studies. *Int. J. Radiat. Biol.*, 2006; 82 (1):1 – 12

Hakusanat: sähkömagneettiset kentät, karsinogeeni, koeputkikokeet, eläinkokeet, lapsuusiän leukemia, epidemiologia

---



Nro. 06

Päätoimittajan kommentti: Mieleenkiintoinen yhteenveto lapsuusiän leukemiariskistä. Monia eri tekijöitä on selvitetty. Kirjoittajan mukaan riskitekijöistä on tehty paljon tutkimusta, mutta sairauteen on selvästi yhdistetty vain yksi ympäristöriskitekijä ja se on ionisoiva säteily.

## ***Ympäristötekijät ja lapsuusiän leukemiariski***

Vaikka lapsuusiän leukemioiden parantamisessa on tapahtunut valtavaa edistystä, tämän sairausluokan aiheuttavia geneettisiä ja ympäristöllisiä syitä ymmärretään hyvin rajallisesti. Kaikki epidemiologiset ja molekyylliset todisteet viittaavat siihen, että lapsuusiän leukemia johtuu monivaiheisesta prosessista, jossa prosessin käynnistävä sattuma on joko perinnöllinen tai seurausta DNA:ta vahingoittavasta sattumasta raskauden aikana.

On tehty paljon tutkimuksia riskitekijöistä, joilla on yhteys ja mahdollisesti myös kausaalinen suhde lapsuusiän leukemiaan. Sairauteen on yhdistetty selvästi vain yksi ympäristötekijä, ionisoiva säteily, joka erittäin todennäköisesti aiheuttaa murto-osan tapauksista. Myös pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät on liitetty lapsuusiän leukemiaan, mutta useimmissa tutkimuksissa yhteydestä on saatu vain rajallisesti todisteita, mikä ei riitä vielä kausaaliseksi yhteydeksi.

Myös sosioekonomisilla tekijöillä, kuten kotihoidolla (erilaisille bakteereille ja viruksille altistumisen puute) ja suurella syntymäpainolla, on havaittu yhteys lapsuusiän leukemiaan, mutta tulokset ovat olleet sekavia. Kuitenkaan yli 90 prosentissa tapauksista sairastumisen syytä ei tiedetä tai osata edes epäillä. On todennäköistä, että lapsuusiän leukemiassa ympäristön riskitekijät yhdistettyinä geneettisiin riskitekijöihin lisäävät sairastumisen kokonaisriskiä.

Koska lapsuusiän leukemia todennäköisesti aiheutuu jostain perinnöllisestä geneettisestä muutoksesta, lupaavia uusia tutkimushaaroja ovat esimerkiksi indusoitujen pluripotentialien kantasolujen sekä epigeneettisen periytymisen tutkimukset. Esimerkiksi epigeneettinen periytyminen on biokemiallinen perinnöllisen tiedon siirtoprosessi, joihin ympäristötekijät pystyvät vaikuttamaan.

Lähde:

Portier C. Discussion and summary. Radiation Protection Dosimetry 2008;132(2):273-274

Hakusanat: lapsuusiän leukemia, ympäristötekijät, geneettiset tekijät

---



Nro. 07

Päätoimittajan kommentti: Mielenkiintoisia havainto mm. siitä, miten erilaista lasten altistuminen on kehitysmaissa kuten Iranissa.

## ***Akuutit lapsuusiän leukemiat ja altistuminen suurjännitteisten voimajohtojen muodostamille magneettikentille – riskitekijä Iranissa***

Monissa tutkimuksissa on tarkasteltu voimajohtojen muodostamien pientaajuisien magneettikenttien vaikutusta riskitekijänä lasten akuuttiin leukemiaan, mutta suurjännitteisistä voimajohdoista on vähän tietoa. Kehitysmaissa lapset asuvat joskus hyvin lähellä suurjännitteisiä voimajohtoja. Tutkijat olivat havainneet akuuttien leukemioiden esiintymistä keskittyneesti useilla potilailla.

Tutkimuksessa analysoitiin 60 potilasta, joilla oli diagnosoitu peräkkäin akuutti leukemia, sekä 59 verrokkia lääninpääkaupungista Luoteis-Iranista. Osallistujista oli täytetty yksityiskohtaiset lomakkeet, ja heidän senhetkisille (tai aiemmille) asuinalueilleen oli järjestetty vierailut. Mahdollisten suurjännitteisten voimajohtojen (123, 230, 400 kV) sijainti merkittiin muistiin, ja niiden etäisyys tutkittavista taloista laskettiin. Magneettikenttien voimakkuus laskettiin sähkövirran keskivoimakkuuden ja voimajohdon muiden ominaisuuksien perusteella.

Tutkimusryhmästä 14 potilasta (23,5 %) asui  $\leq 500$  metrin etäisyydellä suurjännitteisistä voimajohdoista (magneettikentän keskivoimakkuus  $0,6 \mu\text{T}$ ). Verrokkiryhmässä samalla etäisyydellä asui kaksi lasta (3,3 %, keskivoimakkuus  $0,35 \mu\text{T}$ ). Tilastollisesti leukemian todennäköisyys kasvoi merkittävästi tällä etäisyydellä (todennäköisyys 8,67). Leukemiaryhmästä 15 potilasta (25 %) altistui yli  $0,45 \mu\text{T}$ :n magneettikentille verrattuna verrokkiryhmän viiteen (8,5 %) (todennäköisyys 3,60).

Kehitysmaissa kuten Iranissa hyvin lähellä suurjännitteisiä voimajohtoja asuu enemmän lapsia ja heihin kohdistuu suhteessa enemmän magneettikenttien haitallisia vaikutuksia kuin lapsiin kehittyneissä maissa. Asumista  $\geq 500$  metrin etäisyydellä suurjännitteisistä voimajohdoista ja lähellä  $> 0,45 \mu\text{T}$ :n magneettikenttiä tulisi pitää huomattavana riskitekijänä lasten akuuttien leukemioiden aiheutumisessa.

Lähde:

Pour Feizi AAH, Arabi MAA. Acute childhood leukemias and exposure to magnetic fields generated by high voltage overhead power lines - a risk factor in Iran. Asia Pacific Journal of Cancer Prevention 2007;8:69-72

Hakusanat: akuutti leukemia, lapset, suurjännitteiset voimajohdot, pientaajuiset magneettikentät

---



Nro. 08

Päätoimittajan kommentti: Tutkimuksessa tulee hyvin ilmi, miten vaikeaa altistumisen arvioiminen on. Tutkijoiden mukaan pelkkä etäisyyden mittaaminen voimajohdoista on varsin huono menetelmä. Suosittelevat mm. pitkäaikaisia kenttämittauksia tai laskemista etäisyyden ja tehokuormituksen perusteella.

### ***Verkkotaajuiset magneettikentät ja lapsuusiän leukemiariski: altistumisen väärä luokittelu, kun etäisyyttä voimajohdoista on käytetty altistuksen korvikkeena***

Aiempi tutkimus läheisten voimajohtojen etäisyyden ja lapsuusiän leukemian suhteesta sai tutkijat kiinnostumaan uudestaan siitä, mitkä altistuksen mittaustavat soveltuvat verkkotaajuisen magneettikenttien tutkimuksiin. Maslanyj, Simpson, Roman ja Schüz käyttivät omassa tutkimuksessaan hyväksi kahta suurta populaatiopohjaista, brittiläistä ja saksalaista tutkimusta.

Yleisesti pidetään luotettavampana laskea kenttien voimakkuus kodin ja voimajohdon välisen etäisyyden sekä voimajohdon ominaisuuksien (mukaan lukien tehokuorma) perusteella kuin pelkästään etäisyyden perusteella.

Tässä tutkimuksessa todistettiin, että etäisyys voimajohdoista on melko huono ennustava muuttuja mitattaessa asuntojen magneettikenttiä. Jopa etäisyyden ollessa 50 m tai alle (jolloin magneettikenttien voidaan olettaa olevan voimakkaampia), positiivinen ennustearvo (ilmaisee voimajohtoväylällä olevien asuntojen sen osuuden, jossa läheisyys ennustaa voimakkaampaa magneettikenttää) sille, että mitattu arvo kotona olisi yli 0,2  $\mu\text{T}$ , oli vain 19,4 %. Tästä voidaan selkeästi päätellä, että käytettäessä etäisyyttä voimajohdoista muuttujana ottamatta huomioon muita muuttujia kuten kuorma, tuloksena on huono korvike kuvaamaan magneettikentille altistumista asunnoissa.

Näin suuren altistuksen väärinluokittelun johdosta pelkästään etäisyyteen perustuvien tutkimusten tulokset eivät ole tulkittavissa. Tulevaisuudessa suositellaan käyttämään tutkimuksissa tarkempia mittaustapoja: pitkäaikaisia kenttämittauksia tai magneettikenttien voimakkuuden laskemista etäisyyden ja tehokuormituksen perusteella.

Lähde:

Maslanyj M, Simpson J, Roman E and Schüz J. Power frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia: misclassification of exposure from the use of the 'distance from power line' exposure surrogate. *Bioelectromagnetics* 2009;30:183-188

Hakusanat: sähkömagneettiset kentät, lapsuusiän leukemia, epidemiologia, altistuksen mittaus

---



Nro. 09

Päätoimittajan kommentti: Päivitetty aikaisempi meta-analyysi ammatillisen kenttäaltistumisen ja leukemian sekä aivosyöpäriskin osalta. Joitakin eroja todettiin verrattuna aikaisempiin havaintoihin, mutta edelleen selitykset mahdolliselle yhteydelle puuttuvat.

## ***Sähkömagneettiset kentät työpaikalla ja leukemia sekä aivosyöpä: päivitys kahteen meta-analyysiin***

Tutkimuksen tarkoituksena oli päivittää aiempia meta-analyyseja ammatillisen sähkömagneettisille kentille (EMF) altistumisen ja aikuisten aivosyövän sekä leukemian välisestä yhteydestä. Tutkijat kokosivat kaikki merkitykselliset julkaisut vuosilta 1993–2007.

Aiemmissa meta-analyyseissa oli havaittu aikuisten aivosyövän osalta hieman kohonnut riski ja gliooman osalta vielä suurempi riski. Yksittäisten leukemiatyyppien osalta oli havaittu kohtuullisesti suurempi riski, mutta yhdenmukaista altistus-reaktiosuhdetta ei havaittu. Meta-analyysit päätettiin päivittää WHO:n suosituksesta, sillä se ei ollut pitänyt niitä johdonmukaisina tai vakuuttavina.

Meta-analyysiin lisättiin 20 uutta aivosyöpätutkimusta ja 21 uutta leukemiatutkimusta. Yhteen vedettyjä arviointeja saatiin käyttämällä erilaisia painotuskaavoja. Heterogeenisyyden lähteitä tutkittiin tarkastelemalla tutkimustietoja regressioanalyysin avulla.

Tässä tutkimuksessa pääteltiin, että uudemmissa tutkimuksissa riskiarviot näyttivät kohonneen aivosyövän osalta 10 % ja leukemian osalta 13 %. Huomionarvoista oli, että yhteisarvioinneissa riskit olivat alhaisempia kuin aiemmissa meta-analyyseissa. Leukemian alalajeissa ei ilmennyt yhdenmukaista kaavaa, kun aiempia ja tämänhetkisiä meta-analyyseja verrattiin.

Tutkimuksessa tultiin siihen lopputulokseen, että sähkömagneettisten kenttien ja seurannaisriskien selkeän kaavan puuttuminen ei tue sitä hypoteesia, että nämä altistumiset olisivat syynä havaittuun kohonneeseen riskiin. Olettamuksilla, vaikutustutkimuksilla, painotuskaavoilla, julkaisuharjoilla, tutkimustiedoilla tai rahoituslähteellä ei ollut vaikutusta löydöksiin.

Lähde:

Kheifets L, Monroe J, Vergara X, Mezei G, Afifi AA. Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses. *J Occup Environ Med.* 2008;50:677-688

Hakusanat: sähkömagneettiset kentät, leukemia, aivosyöpä, meta-analyysi

---



Nro. 10

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat eivät löytäneet yhteyttä ammatillisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja gliooman (pahanlaatuinen aivokasvain) kehityksen välillä.

## ***Ammatillinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille ja matala- sekä korkea-asteisen gliooman riski***

Tämän populaatiopohjaisen tapaus-verrokkitutkimuksen tarkoituksena oli tutkia mahdollista yhteyttä ammatillisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja matala-asteisen gliooman (LGG) sekä korkea-asteisen gliooman (HGG) välillä. Gliooma on aikuisilla yleisin pahanlaatuinen aivokasvain, mutta sen aiheuttajista tiedetään hyvin vähän.

Tapauspopulaatio koostui 414 histologisesti varmennetusta glioomatapauksesta (matala-asteisia 110, korkea-asteisia 304), jotka olivat saaneet ensidiagnoosinsa heinäkuun 1987 ja joulukuun 1991 välillä. Verrokkeja oli 421 Melbournesta, Australiasta, ja heidät oli valittu iän, sukupuolen sekä asuinpaikan postinumeron perusteella. Jokaisesta osallistujasta saatiin yksityiskohtainen ammatillinen historia. Altistumista pientaajuisille magneettikentille arvioitiin käyttämällä kolmea eri menetelmää: itseraportointi, ammattihygieenikon arviointi ja populaatiopohjainen työaltistusmatriisi (JEM).

Tutkimuksessa havaittiin kohonnut, mutta tilastollisesti merkityksetön riski kaikkien gliomien ja korkea-asteisen gliooman kohdalla, kun altistuksen arvioi ammattihygieenikko. Eniten altistuneen työntekijäryhmän todennäköisyydet ammattihygieenikon arvioimina olivat 1,4 kaikkien gliomien osalta sekä 1,51 korkea-asteisten gliomien osalta. Itseraportoidussa ja työaltistusmatriisissa oli käänteisiä yhteyksiä sekä matala-asteiseen että korkea-asteiseen glioomaan, mutta ne saattavat kuvastaa näiden altistuksen mittaustapojen rajoitteita.

Tutkimuksen tulokset eivät tukeneet olettamusta, että ammatillisen pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja matala- tai korkea-asteisen gliooman kehittymisen välillä olisi yhteys.

Lähde:

Karipidis KK, Benke G, Sim MR, Yost M, Giles G. Occupational exposure to low frequency magnetic fields and the risk of low grade and high grade glioma. *Cancer Causes Control* 2007;18:305-313

Hakusanat: matala-asteinen gliooma, korkea-asteinen gliooma, tapaus-verrokkitutkimus, magneettikentät, ammatillinen altistuminen

---



Nro. 11

Päätoimittajan kommentti: Käyty läpi aikaisempia tutkimusmateriaaleja ja sen mukaan esitetty päätelmiä kenttien vaikutuksesta. Päädytty kahteen biologiseen prosessiin, joilla tutkijoiden mukaan olisi merkitystä.

## ***Pitkäaikainen altistuminen magneettikentille ja Alzheimerin taudin sekä rintasyövän riskit: biologinen jatkotutkimus***

Pientaajuiset (ELF) ja suurtaajuiset (RF) magneettikentät (MF) leviävät ympäristöömme. On tärkeää tietää, onko näillä magneettikentillä yhteys kohonneeseen riskiin sairastua sellaisiin vakaviin sairauksiin kuin syöpä ja Alzheimerin tauti, jotta voidaan kehittää järkevä yhteiskunnallinen toimintalinja.

Tutkijat Davanipour ja Sobel halusivat laatia puolueettoman katsauksen asian tämänhetkisestä tietämyksestä sekä tehdä johtopäätöksiä. He käyttivät tutkimusmateriaalinaan Bioinitiative Report -hanketta (<http://bioinitiative.org/report/index.htm>), jonka olivat laatineet kansainvälisesti tunnustetut, huomattavasti aikaa magneettikentille altistumisen biologisten seurausten tutkimiseen käyttäneet tiedemiehet.

Tutkimuksessa saatiin todisteita siitä, että pitkäaikainen ammatillinen altistuminen pientaajuisille magneettikentille saattaa todellakin lisätä sekä Alzheimerin taudin että rintasyövän riskiä. Voimakas, pitkäaikainen altistuminen pientaajuisille magneettikentille vaikuttaa todistettavasti kahteen merkittävään biologiseen prosessiin, lisääntyneeseen beeta-amyloidin tuottoon ja vähentyneeseen melatoniinin tuottoon, mikä puolestaan voi aiheuttaa sairastumisen Alzheimerin tautiin. Alentunut melatoniinin tuotto voi aiheuttaa todistettavasti myös rintasyöpää. Altistumisella suurtaajuisille tai pientaajuisille magneettikentille on todisteiden mukaan samanlaiset biologiset seuraukset.

Tutkijat päättelivät, että altistusta suurtaajuisille ja pientaajuisille magneettikentille on tärkeää vähentää tekemällä muutoksia laitteistojen rakenteisiin ja kiinnittämällä huomiota sähkölaitteiden, esim. AC/DC-muuntajien sijoitteluun ympäristössä. Näihin ja muihin biologisiin prosesseihin liittyvää jatkotutkimusta kaivataan.

Lähde:

Davanipour Z ja Sobel E. Long-term exposure to magnetic fields and the risks of Alzheimer's disease and breast cancer: Further biological research. *Pathophysiology* 2009;16:149-156

Hakusanat: pientaajuinen, magneettikenttä, beeta-amyloidi, melatoniini, Alzheimerin tauti

---



Nro. 12

Päätoimittajan kommentti: Käyty läpi aikaisempia tuloksia ja esitetty ajatuksia, miten tulevaisuudessa kannattaisi tutkia kenttien vaikutusta sydän- ja verisuonijärjestelmään. Esimerkiksi tutkimusten toistaminen on osoittautunut vaikeaksi.

### ***Kirjallisuuskatsaus: pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen vaikutukset sydän- ja verenkiertojärjestelmään***

McNamee kumppaneineen keskittyi kirjallisuuskatsauksessaan sähkömagneettisten kenttien raportoituihin vaikutuksiin ihmisen sydän- ja verenkiertojärjestelmässä. He tarkastelivat sekä epidemiologisia että laboratoriotutkimuksia. Tällä hetkellä tutkijat maailmanlaajuisesti eivät ole päässeet yksimielisyyteen mistään tietystä biologista mekanismia, jolla pientaajuiset sähkömagneettiset kentät vaikuttaisivat kehon kudoksiin.

Epidemiologisissa tutkimuksissa työntekijöiden altistumista työpaikalla oli arvioitu käyttämällä dosimetriä. Tällöin muutosten sykevaihtelussa (HRV) arveltiin ennakoivan tiettyjä sydän- ja verisuonitauteja. Laboratoriotutkimuksissa oli keskitytty makroverenkierron indikaattoreihin, kuten syke, sykevaihtelu ja verenpaine. Vain muutamia tutkimuksia oli tehty mikroverenkiertojärjestelmän reagoinnista magneettikentille altistumiseen. Sekä epidemiologisten että laboratoriotutkimusten toisinnot epäonnistuivat useimmiten tutkimusmalleina. Pienet otantajoukot sekä vääriksi osoittautuneet muuttujat ovat ehkäisseet kehitystä tähän mennessä.

Näiden ongelmien tunnistaminen on tärkeää tulevia sähkömagneettisten kenttien tutkimuksia varten, kun tämänhetkisiä kansainvälisiä altistusohjeita arvioidaan uudelleen. Tutkimuksissa olisi keskityttävä sähkömagneettisten kenttien mahdollisiin terveydelle vahingollisiin vaikutuksiin sekä niiden mahdollisesti aiheuttamien pienehköjen fysiologisten muutosten tunnistamiseen ja luonnehdintaan.

Pientaajuisille sähkömagneettisille kentille altistumisen vaikutukset ihmisen sydän- ja verenkiertojärjestelmään jäivät määrittämättä tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella.

Lähde:

McNamee DA, Legros AG, Krewski DR, Wisenberg G, Prato FS, Thomas AW. A literature review: the cardiovascular effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82:919-933

Hakusanat: magneettikenttä, 50/60 Hz, mikroverenkierto, sykevaihtelu, verenpaine

---



Nro. 13

Päätoimittajan kommentti: Kotimainen tutkimus, jossa on selvitetty, ylittääkö työntekijä-altistus 400 kV sähköasemilla ja voimajohtoilla direktiiviehdotuksen raja-arvon, ei ylityksiä.

## ***Sähkökenttien ihmiseen indusoimien virrantiheyksien arvioiminen***

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia sähkö- ja magneetikentille altistumista, sen aiheuttamia virrantiheyksiä ja kontaktivirtoja työskenneltäessä 400 kV sähköasemilla ja 110 kV, 220 kV ja 400 kV voimajohtojen lähellä. Tuloksia on verrattu EU:ssa annettuun direktiiviehdotukseen (2004/40/EY) ”terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysisistä tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille”. Aikaisemmin tehdyissä mittauksissa oli todettu, että toiminta-arvorajojen (10 kV/m) ylityksiä oli 75 %:ssa sähköasemista paikoitellen. Tämä loi tarpeen selvittää, ylittyykö myös direktiiviehdotuksen antama raja-arvo, joka perustuu indusoituvaan virrantiheyteen.

Sisäisten virtojen mittaamiseen käytettiin Fortum Service Oy:n rakentamaa mittalaitteistoa. Vyötärölaukussa olevista mittareista yksi rekisteröi koehenkilön pään ja kaulan alueelle indusoituneen virran ja toinen koko kehoon indusoituvan virran. Pään ja kaulan alueelle indusoitunut virta kerättiin ulkopinnaltaan johtavalla kypärällä ja johtavalla silmikolla. Koehenkilöllä oli käsivarteen kytketty elektrodi, jonka avulla muu kehon alueelle indusoituva virta johdettiin mittariin. Keskimääräinen kaulavirrantiheys saatiin laskettua mitatun kaulavirran ja kaulan pinta-alan osamääränä.

Mittauksia tehtiin eri puolella Suomea seitsemällä sähköasemalla. Lisäksi mittauksia suoritettiin seitsemällä eri pylvästyypillä (400 kV, 220 kV ja 110 kV) ja johtokaturien raivausalueilla. Koehenkilöiksi valittiin vapaaehtoisia työntekijöitä, jotka muutenkin käyvät sähköasemilla tai työskentelevät pylväillä. Sähköasemamittausten perusteella laskettu virrantiheys kaulan alueella on enimmillään noin 70 % direktiiviehdotuksen raja-arvosta (10 mA/m<sup>2</sup>), vaikka sähkökentälle annettu toiminta-arvo (10 kV/m) ylitettäisiinkin. Voimajohtopylvästöissä kehon ja kaulan virrantiheydet ovat tätäkin pienempiä, kunhan jännitetyön turvaetäisyyksiä ei rikota. Pirkanmaan sairaanhoitopiirin eettinen toimikunta antoi tutkimuksesta myönteisen lausunnon (ETL-koodi R05041).

Lähde: Korpinen LH, Elovaara JA, Kuisti HA. Evaluation of current densities and total contact currents in occupational exposure at 400 kV substations and power lines. *Bioelectromagnetics* 2009;30 (3):231-240.

Hakusanat: 50 Hz sähkökenttä, ammatillinen altistuminen, voimajohtoasentaja,

---



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 kevät-kesällä 2010

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

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos.

Tilannekatsaus

ISSN 1799-4594