



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

## VOIMAJOHTOJEN SÄHKÖ- JA MAGNEETTIKENTÄT



Terveysvaikutuksista keskustellaan

**Sähköjärjestelmä aiheuttaa ympärilleen sähkö- ja magneettikenttiä. Mahdollisia terveysvaikutuksia on tutkittu paljon. Tutkimustiedon perusteella on asetettu sosiaali- ja terveysministeriön suositusarvot väestön altistumiselle. Voimajohtojen läheisyydessä suositusarvot eivät ylity.**



## Suomen sähköjärjestelmä

Suomen sähköjärjestelmä koostuu voimalaitoksista, sähkönsiirto-, alue- ja jakeluverkoista sekä sähkönsiirto- ja jakelulaitteista. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että voimalaitoksilta sähkö siirretään ensin koko maan kattavaan siirtoverkkoon eli kantaverkkoon, jonka jännite on 110, 220 tai 400 kilovoltia (kV). Siirtoverkko liittyy jakeluverkkoon sähköasemilla, joista sähkö kulkee eteenpäin keskijänniteverkossa, jonka jännite on yleensä 20 kV. Keski-jännitejohdoista sähkö siirretään edelleen jakelu-muuntamoihin, joista se siirretään asiakkaille pien-jännitejohdoissa.

Suomen kantaverkosta vastaa Fingrid Oyj. Sillä on suurjännitteisiä voimajohtoja yhteensä noin 14 000 km ja sähköasemia 106 kpl. Sähkönsiirto- ja jakeluverkon pituus on Suomessa noin 25-kertainen kantaverkon johtopituuteen verrattuna.

## Sähköjärjestelmän sähkö- ja magneettikentät

### Sähkökenttä

Jännitteinen johto tai laite synnyttää ympärilleen sähkökentän. Sähkökentän voimakkuuden yksik-

könä käytetään voltteja metriä kohti (V/m). Sähköjärjestelmän yhteydessä käytetään usein kilovoltteja (1000 voltteja) metriä kohti (kV/m).

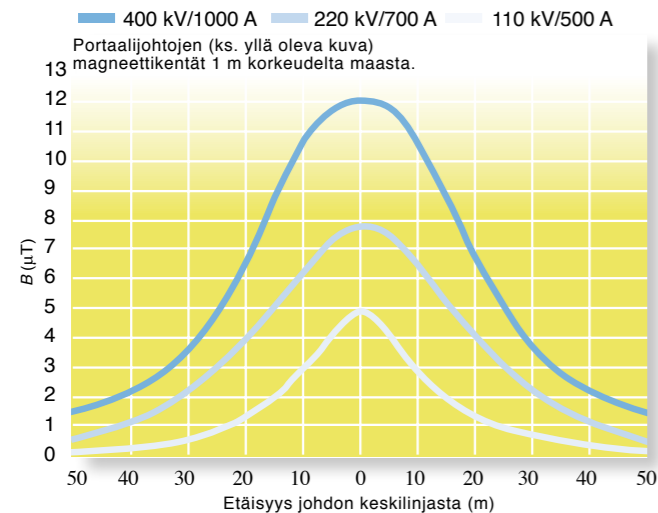
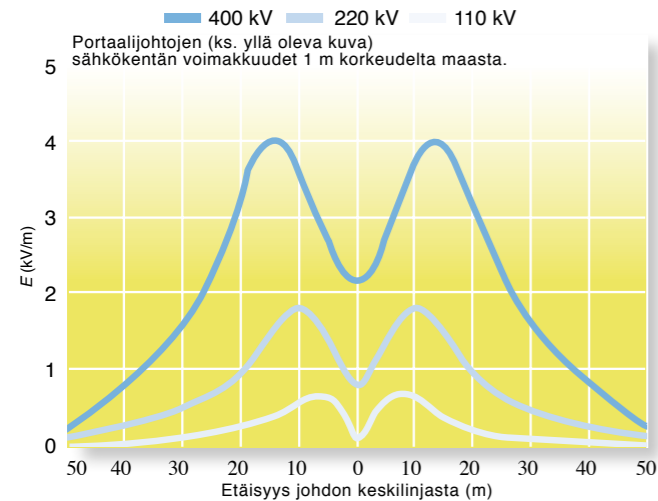
### Magneettikenttä

Sähköjohtossa kulkeva virta luo ympärilleen magneettikentän. Magneettikentän suuruutta kuvataan esimerkiksi suurella magneettivuon tiheys, jonka yksikkö on tesla (T). Käytännössä magneettivuon tiheydet ovat suuruudeltaan sellaisia, että joudutaan käyttämään yksikköä  $\mu T$  eli mikrotesla, teslan miljoonasosa.

### Kenttien mittaaminen ja laskenta

Kenttien suuruudet voidaan määrittellä laskemalla tai mittaamalla. Voimansiirto- ja jakelujohtojen aiheuttamat kentät voidaan yleensä laskea kohtuullisen tarkasti. Monimutkaisempien rakenteiden ja laitteiden kentät selviävät paremmin mittaamalla.

Mittaustulos muodostuu mittarin antamasta mitaustuloksesta ja siihen liittyvästä mittauserä-tarkkuudesta. Esimerkiksi sähkökentän mittauksessa on huomattava, että itse mittauspaikan lähistöllä olevat muut sähkönsiirto- ja johtavat kappaleet, mahdollinen kasvillisuus, säätölaite jne. vaikuttavat mitaustulokseen.



Magneettikentän mittausta vaikeuttaa lisäksi se, että tietyssä paikassa magneettikenttä voi aiheutua monen eri lähteen yhteisvaikutuksesta. Magneettikenttiä aiheuttavien virtojen suuruudet vaihtelevat alinomaan. Mittaustuloksen tulkinnassa tarvitaan siten ammattitaitoista mittaajaa ja monien eri tekijöiden huomioonottamista.

#### Kenttien vaimeneminen

Sähkökenttien leviäminen ympäristöön voidaan estää eristämällä jännitteiset osat metallikotelon tai muun sähköä johtavan rakenteen sisään. Esimerkiksi maakaapelin metallivaippa estää sähkökentän tunkeutumisen kaapelin ulkopuolelle ja vastaavasti ilmajohtojen aiheuttama sähkökenttä ei juuri tunkeudu asuinrakennusten sisään. Metalliset kotelot tai vaipat eivät kuitenkaan vaimenna magneettikenttien leviämistä ympäristöön, jollei käytetä magneettisia materiaaleja tai rakenneta erillisiä magneettikentän suuruutta rajoittavia kompensatiojärjestelmiä.

#### Sosiaali- ja terveysministeriön asetus

Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetus (294/2002) 'ionisoimattoman säteilyn väestöl-



le aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta' tuli voimaan 1.5.2002. Asetuksessa vahvistetaan enimmäisarvot ultraviolettisäteilylle, radiotaajuiselle säteilylle ja lasersäteilylle sekä suositusarvot\* pientaajuisille (mm. voimajohtojen) sähkö- ja magneettikentille.

Asetuksen valmistelussa on käytetty lähdeaineistona uusimpia kansainvälisiä suosituksia sekä tieteellisiä tutkimustuloksia ionisoimattomasta säteilystä väestölle aiheutuvan altistuksen rajoittamiseksi. Keskeisessä osassa on ollut Euroopan unionin neuvoston suositus (1999/519/EY) väestön 0–300 gigahertsin (GHz) sähkömagneettisille kentille altistumisen rajoittamisesta.

EU:n suosittelemat enimmäisarvot		
Taajuus 50 Hz	Sähkökenttä	Magneettikenttä
Yksikkö	kV/m	μT (mikrotlesla)
Yleisön altistuminen	5	100

Asetuksen mukaan väestön altistuksen suositusarvo voimajohtojen (50 Hz) sähkökentälle on 5 kV/m ja magneettikentälle 100 μT, kun altistuminen kestää **merkittävään** ajan. Kun altistus ei kestä merkittävää aikaa, arvot ovat 15 kV/m ja 500 μT. Asetuksen työryhmämuistiossa on todettu, ettei asetuksen seurauksena ole

\* Lyhyiden vuoksi suositellusta enimmäisarvosta käytetään tässä esitteessä nimitystä suositusarvo (kuten STM:n asetuksessakin).

tarvetta rajoittaa voimajohtojen alla esimerkiksi marjojen poimimista, maanviljelyä tai metsätöiden tekemistä.

#### Sähkö- ja magneettikenttien terveysvaikutukset

Sähkö- ja magneettikenttien vaikutusta terveyteen on tutkittu kymmeniä vuosia. Suositusten perustana on, että annetut suositusarvot suojaavat riittävän hyvin merkittävän ajan kestävän sähkö- ja magneettikenttäaltistuksen kaikilta tunnetuilta mahdollisilta haittavaikutuksilta. Suositusarvot on johdettu sähkömagneettisten kenttien osoitettujen (akuuttien) vaikutusten perusteella. Suositusarvoissa on otettu huomioon turvamarginaali, mistä johtuen suositusarvojen katsotaan kattavan epäsuorasti myös mahdolliset pitkän aikavälin vaikutukset.

#### Tunnetut vaikutukset

Tunnettu pientaajuisten magneettikenttien vaikutus on hermo- ja lihassolujen reagointi kudoksiin syntyvän sähkövirran vaikutuksesta. Lisäksi ovat mahdollisia näköaistimukset. Hyvin voimakkaat pientaajuiset sähkökentät aiheuttavat pin-





nallisia ihovaikutuksia, jotka aiheutuvat pienistä kipinäpurkauksista ja ihokarvojen liikkeestä.

#### ***Pienistä kentistä keskustellaan***

Tutkimuksissa on saatu myös viitteitä, että vaikutuksia voisi esiintyä selvästi pienemmilläkin altistumistasoilla kuin mitä STM:n asetuksen suosittelemat arvot ovat. Eniten keskustelua on herättänyt se, että lasten leukemiaa voisi esiintyä hieman normaalia enemmän silloin, kun magneettikentän vuontiheys asunnossa on yli 0,4 mikrotesslaa ( $\mu\text{T}$ ).

Maailman terveysjärjestön WHO:n kansainvälinen syöväntutkimuskeskus IARC on todennut, että pitkäaikainen asuminen yli 0,4  $\mu\text{T}$  magneettikentässä saattaa aiheuttaa lapsilla syöpää (leukemia). IARC on luokitellut pientaajuiset magneettikentät luokkaan 2B, eli mahdollisesti syöpää aiheuttaviin. Riskin lisäystä ei kuitenkaan ole tieteellisesti pätevästi voitu osoittaa. Ei myöskään tunneta sellaista biologista vaikutusmekanismia, jolla magneettikenttien mahdollinen kyky aiheuttaa syöpää olisi selitettävissä.

#### ***Syöpää aiheuttavien tekijöiden kansainvälinen luokitus***

IARC luokittelee syöpävaarallisuuden neljään eri luokkaan. Ryhmään 1 kuuluvat ihmiselle syöpää aiheuttavat aineet, fysikaaliset ominaisuudet tai altistusolosuhteet. Tällaisia altisteita ovat esimerkiksi asbesti ja ultraviolettisäteily. Luokkaan 2 kuuluvat alaryhmät 2A (todennäköisesti syöpää aiheuttavat altisteet) ja 2B (mahdollisesti syöpää aiheuttavat altisteet). Ryhmään 2B kuuluvat pientaajuisen magneettikenttien lisäksi esimerkiksi kahvi ja pakokaasu.

Luokkaan 3 kuuluvat altisteet, joita ei nykytiedon valossa pystytä luokittelemaan karsinogeenisuuden mukaan. Tähän luokkaan kuuluvat esimerkiksi tee ja pientaajuiset sähkökentät. Luokkaan 4 kuuluvat altisteet, jotka eivät todennäköisesti ole ihmiselle syöpää aiheuttavia. IARC:n kannanotto magneettikentistä on otettu huomioon STM:n asetusta valmisteltaessa.

IARC on toistaiseksi tutkinut yhteensä 885 ainetta ja fysikaalista ominaisuutta. Sen tutkimus on tietenkin kohdistunut vain aineisiin ja tekijöihin, jotka voisivat olla syöpävaarallisia. Tä-





hän mennessä tutkituista aineista tms. vain yksi on voitu todeta sellaiseksi, että se ei todennäköisesti aiheuta syöpää, ja yli puolet luokkaan ”ei luokiteltavissa” kuuluviksi. Ei luokiteltavissa olevien altisteiden suuri suhteellinen osuus on luonnollista, koska on tavattoman vaikea osoittaa, että jokin aine tai tekijä ei koskaan eikä missään olosuhteissa voisi olla myötävaikuttajana syövän synnyssä.

Noin neljännos tutkituista aineista kuuluu luokkaan 2B: mahdollisesti syöpää aiheuttava. Tämä luokka kertoo sen, että syy-seuraussuhdetta ei ole voitu sitovasti osoittaa. On täysin mahdollista, että syy-seuraussuhdetta ei ole todellisuudessa lainkaan olemassa. Luokka ei myöskään tarkoita, että syöpien esiintymisessä tapahtuisi aineen vaikutuksesta jokin merkittävä kasvu.

Voimakkaamman puoleinen tai suhteellisen varma yhteys aineen ja syövän välillä (luokat 2A ja 1) on noin neljänneksellä tutkituista aineista.

### **Sähköliherkkyys**

Julkisuudessa on käyty keskustelua, että sähkölaitteet, matkapuhelimet, tietokoneiden näyt-

töpäätteet ja voimajohdot voisivat aiheuttaa sähköliherkkyttä. Kentille altistumisen ja oireiden välillä ei tieteellisissä tutkimuksissa ole todettu yhteyttä.

Sähköliherkiksi itsensä kokevilla on erilaisia tuntemuksia kuten pistelyä, huimausta, väsymystä, päänsärkyä, voimattomuutta ja iho-oireita. Koetut oireet ovat asianomaiselle todellisia, vaikka oireiden syyksi ei tieteellisesti ole pystytty osoittamaan sähkö- ja magneettikenttiä.

### **Sydämentahdistimet**

Sähkönsiirron, varkaudenestolaitteiden ja metallinpaljastimien sähkö- ja magneettikentät voivat vaikuttaa sydämentahdistimen toimintaan. Tahdistimen häiriintymistä voidaan vähentää säätötoimenpitein ja erityisesti tahdistinvalinnoin.

### **Voimajohtojen sähkö- ja magneettikentille altistuminen**

Voimajohtojen sähkö- ja magneettikenttiä on mitattu ja laskettu varsin paljon. Tampereen teknillisessä yliopistossa (TTY) on mitattu erilaisten johtojen kenttiä.

TTY:n mittausten mukaan STM:n asetuksen mukainen sähkökenttäraja 5 kV/m merkittäväle altistukselle ylittyy noin 30 prosentilla pylväsväleistä aivan 400 kV voimajohdon alapuolella. Korkeimmat arvot jäävät kuitenkin tason 10 kV/m alapuolelle, eli asetuksen suosittelema raja-arvo 15 kV/m lyhytaikaisemmalle (”ei-merkittävän ajan kestäväle”) altistukselle ei ylity.

Myöskään 110 ja 20 kV johdoilla ei esiinny suositusarvojen ylityksiä. Arvot ovat huomattavasti alle suositusarvojen. Magneettikenttäaltistuksen osalta voidaan jo sivulla 4 esitettyjen kuvien perusteella todeta, että siirto- ja jakeluverkon johtojen allakin ollaan kaikissa oloissa selvästi STM:n suositusarvon alapuolella.

### **Asetuksen vaikutus voimajohtoihin liittyviin maankäyttö- ja kaavoituskysymyksiin**

#### **Nykyiset johdot**

Asetus ei velvoita kaavoittajaa jättämään suoja-alueita johtoalueen ulkopuolelle. Kuitenkin asuinalueita kaavoitettaessa on hyvä ottaa kentät huomioon ihmisten mahdollisten terveysvaikutushuolien takia. On myös suotavaa, ettei

muutakaan toimintaa kaavoiteta voimajohtoalueelle. Voimajohtoalueelle kaavoittamisen edellytyksenä on aina se, että asiasta on sovittu maanomistajien ja johdonomistajien kanssa. Sähköturvallisuutta koskevat määräykset ja standardit asettavat myös omat vaatimuksensa.

### **Uusien johtojen rakentaminen**

Suomessa ei ole olemassa virallisia voimajohtojen sijoittamista koskevia ohjeita tai määräyksiä. Suurten käyttöjännitteiden (110 kV, 400 kV) johtoja suunniteltaessa pyritään kuitenkin siihen, ettei niitä rakenneta esimerkiksi asuntojen, päiväkotien, leikkikenttien tai koulujen läheisyyteen.

STM:n asetus ei aseta vaatimuksia uusien johtojen rakentamistoiminnan muuttamiseksi.





## Lisää aiheesta

Euroopan unionin neuvosto. 1999. Neuvoston suositus väestön sähkömagneettisille kentille (0 Hz–300 GHz) altistumisen rajoittamisesta (1999/519/EY). Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, 199, s. 59–70.

Jokela K. 2003. Rakennusten magneettikenttien mittaaminen. Säteilyturvakeskus, STUK tiedot-  
taa 1/2003, 20 s.

Korpinen L., Hietanen M., Jokela K., Juuti-  
lainen J., Valjus J. 1995. Voimajohtojen sähkö- ja magneettikentät ympäristössä. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 89, 210 s.

Korpinen L. 2003. Yleisön altistuminen pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille Suomessa. Helsinki, Sosiaali- ja terveysministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:12, 64 s.

Pääkkönen R., Uitti J., Polvi, J. 1997. Sähkölyherkkyys – onko sitä olemassa? Katsaus. Suomen lääkärilehti 5/1997, s. 427–432.

STMa 294/2002. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta. Helsinki, 2002, 47 s.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2002. Väestön ionisoimatonta säteilyaltistusta rajoittavan sosiaali- ja terveysministeriön NIR-asiatuntijaryhmän muistio. Helsinki, Sosiaali- ja terveysministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita, 38, 64 s.

Uitti J., Pääkkönen R. 2000. Sähköallergia ei ole allergiaa, mitä se on? Katsaus. Duodecim. 116(2000):941–7.

Aiheeseen liittyviä WWW-linkkejä

Sosiaali- ja terveysministeriö,  
[www.stm.fi](http://www.stm.fi)

Asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta  
[pre20031103.stm.fi/suomi/eho/  
julkaisut/nir/nirase.pdf](http://pre20031103.stm.fi/suomi/eho/julkaisut/nir/nirase.pdf)

Yleisön altistuminen pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille  
[pre20031103.stm.fi/suomi/eho/  
julkaisut/opus03\\_12/opus0312.pdf](http://pre20031103.stm.fi/suomi/eho/julkaisut/opus03_12/opus0312.pdf)

Säteilyturvakeskus, [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)  
Säteilytietoa, [www.stuk.fi/sateilytietoa/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/)  
Säteilevät laitteet, [www.stuk.fi/sateily-  
tietoa/sateilevat\\_laitteet/fi\\_FI/index/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat_laitteet/fi_FI/index/)

Sähkömagneettiset kentät,  
[www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat\\_  
laitteet/magneettikentat/fi\\_FI/index/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat_laitteet/magneettikentat/fi_FI/index/)  
Laserit, [www.stuk.fi/sateilytietoa/  
sateilevat\\_laitteet/fi\\_FI/laser/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateilevat_laitteet/fi_FI/laser/)  
Sähkömagneettiset kentät,  
[www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/  
kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja6/](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja6/)

International Agency for Research  
on Cancer (IARC), [www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)

World Health Organization (WHO),  
[www.who.int](http://www.who.int)

International Electromagnetic Fields  
[http://www.who.int/health\\_topics/  
electromagnetic\\_fields/en/](http://www.who.int/health_topics/electromagnetic_fields/en/)





TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tampereen teknillinen yliopisto (TTY)  
Ympäristöterveys  
Korkeakoulunkatu 6  
PL 589  
33101 TAMPERE  
Puh. (03) 311 511  
[www.tut.fi](http://www.tut.fi)

