



# Voimajohdot ympäristössämme

# Voimajohdot ympäristössämme

Voimajohtojen sähkö- ja magneettikenttien terveysvaikutukset ovat herättäneet keskustelua kymmeniä vuosia. Haitoista ei ole saatu pitävää tieteellistä näyttöä, mutta toisaalta niiden mahdollisuutta ei ole pystytty täysin sulkemaan poiskaan. Säteilyturvakeskus (STUK) suosittelee välttämään rakentamista voimajohtojen välittömään läheisyyteen, jos rakennus on tarkoitettu pitkäaikaiseen oleskeluun.

Tässä katsauksessa on tietoa voimajohtojen vaikutuksista asumiseen, kaavoitukseen ja rakentamiseen. Katsauksessa ei käsitellä voimajohtojen sähköturvallisuutta, kuten nostimilla työskentelyä tai metsätöitä linjojen alla. Sähköyhtiöt ja valtakunnallinen kantaverkkooyhtiö Fingrid Oyj auttavat näissä kysymyksissä.

## Voimajohdot ovat välttämätön osa sähkönjakelua

Sähköenergiaa tuottavat voimalaitokset eivät useinkaan sijaitse siellä missä sähköä eniten kuluu, vaan sähköä on siirrettävä pitkiä matkoja asuinalueiden, liikekeskusten ja teollisuuden käyttöön.

Sähkönjakelu voimalaitoksen generaattoreilta asiakkaan pistorasiaan edellyttää tekniikkaa, joka myös näkyy ympäristössä. Johtolinjauksien lisäksi sähkönsiirtoon tarvitaan muun muassa sähköasemia, maakaapeleita, kytkentäkenttiä, jakelumuuntamoita ja jakokaappeja.

Suurjännitteiset 110-400 kilovoltin (kV) voimajohdot ovat tärkeä osa sähkönsiirtojärjestelmää. Suu-

rilla jännitteillä mahdollistetaan pienet energiahäviöt.

Suuren jännitteen turvallinen käsittely vaatii paljon tilaa ja erikoistekniikkaa, kuten eristeitä, korkeita pylväitä ja johtoaukeita. Taajamassa suurjännitteinen voimajohto haarautuu useiksi 20 kV keskijännitejohdoiksi ja lopulta asuinalueilla 400 voltin (V) pienjännitejohdoiksi.

Johdot ovat harvaan asutuilla alueilla yleensä ilmajohtoina ja kaupungeissa yleisin ratkaisu on maakaapeli. Jännitteestä toiseen siirryttäessä tarvitaan muuntamo, eli laitteisto, joka muuntaa jännitteen alemmaksi, ja kytkentäkenttä, jossa suurjännitteiset johdot yhdistetään sähköasemaan.

## Voimajohdot muodostavat kantaverkon

Voimajohdoista muodostuvalta kantaverkolla mahdollistetaan energian siirto kaikkialle Suomeen. Voimajohtoja on Suomessa noin 14 000 km. Kantaverkon omistaa Fingrid Oyj. Lisäksi paikalliset sähköyhtiöt omistavat 110 kV johtoja.

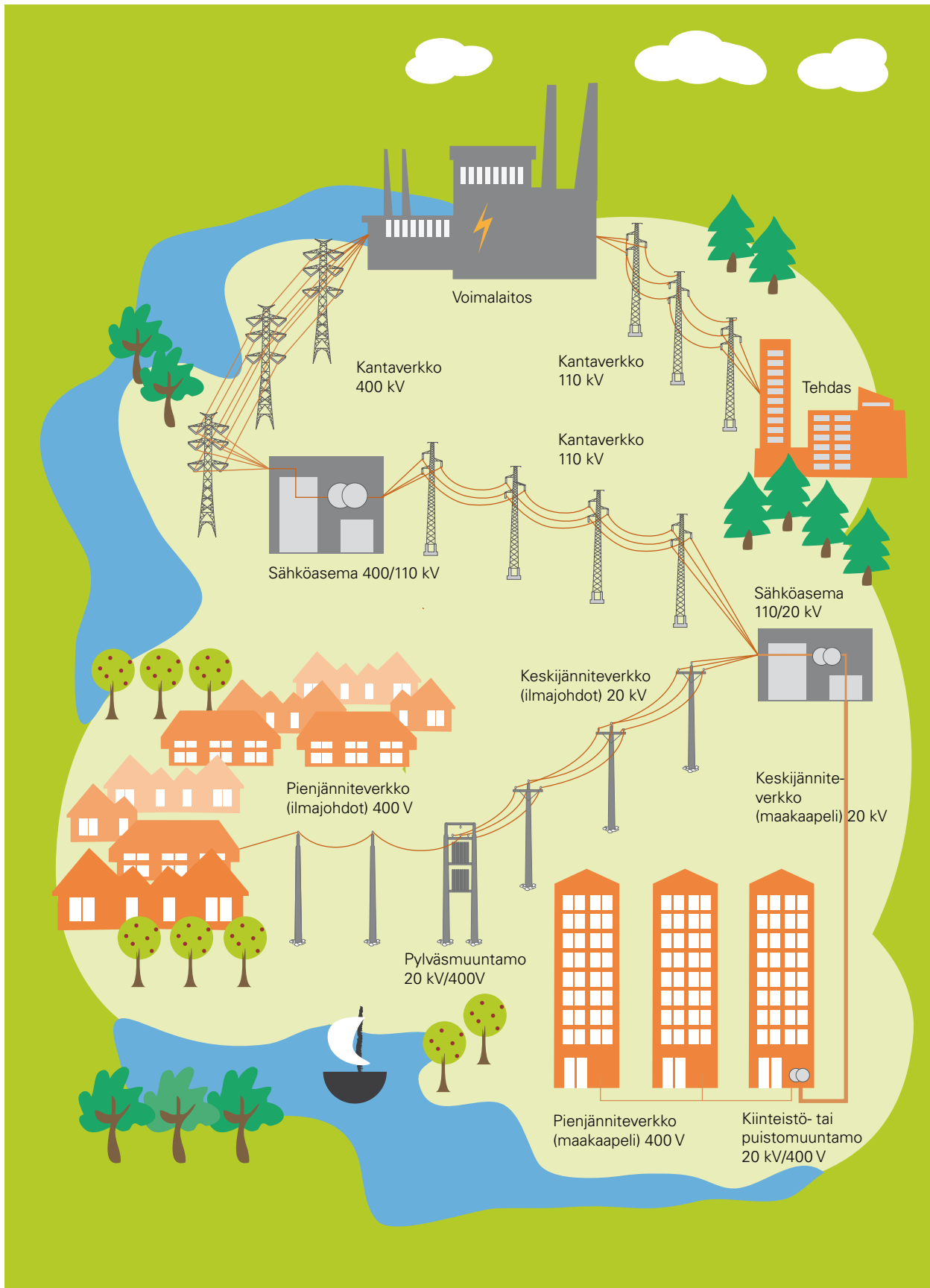
Suurin nimellijännite voimajohdoissa on 400 kV. Tämän lisäksi käytetään 220 ja 110 kV jännite-  
tasoja. Paikallisten sähköyhtiöiden omistamissa taajamaverkoissa jännite on 20 kV tai sitä pienempi.

Voimajohdot ovat joko pylväissä avojohtoina tai maassa kaapeleina. Eri jännitteille käytetään erilaisia pylvästyypppejä. Yleisin



Rodeo

Maisemapylväitä Helsingin Hietaniemessä



Sähkön siirtäminen voimalaitokselta kuluttajille vaatii voimajohtoja, sähköasemia, keski- ja pienjänniteverkkoja sekä muuntamoita. Suurjännitteiset voimajohdot muodostavat kantaverkon. Suomen kantaverkkoon kuuluu 14 000 km voimajohtoja ja yli 100 sähköasemaa.

Suurjännitteisissä voimajohdoissa johtimet ripustetaan pylväisiin eristeketjulla. Voimajohdon jännitetason pystyy arvioimaan lautasten lukumäärästä. Kuvassa 400 kV voimajohto.



tyyppi on harustettu portaalipylväs, jossa kulkee kolme johdinta rinnakkain ja näiden yläpuolella yleensä kaksi ukkosjohdinta. Lisäksi käytetään harustamattomia kaksoisjohtopylväitä, joissa on yhteensä kuusi virtajohdinta, sekä erilaisia maisemapylväitä.

Pylväät ovat sitä suurempia mitä korkeampi jännitetaso on. 400 kV johdoissa käytetään aina teräksisiä pylviä, kun taas 110 kV johdoissa pylväät ovat usein puuta. Jännitetason näkee helpoiten johtojen ripustamiseen käytettävien eristelautasketjujen eli kipinävälisuojujen pituudesta: 110 kV johdossa eristelautasia on 6–8, 220 kV johdossa 10–12 ja 400 kV johdossa 18–21 kappaletta. 20 kV jännitetasolla johdot eivät roiku eristeketjussa, vaan ne tuetaan

pylvään poikkipuissa oleviin kiinteisiin eristimiin.

#### **Voimajohdot aiheuttavat sähkömagneettisen kentän**

Voimajohtojen, kuten kaikkien muidenkin sähkölaitteiden, ympärille syntyy sähkö- ja magneettikenttä.

Voimajohdon aiheuttaman magneettikentän voimakkuuden määrää se, paljonko voimajohtoa kuormitetaan, eli paljonko kaikki voimajohdon varassa olevat kotitaloudet ja teollisuus kuluttavat sähköä kyseisellä hetkellä. Kulutus vaihtelee paljon. Päivisin kulutetaan enemmän kuin yöllä, talvella enemmän kuin kesällä. Yksi suurimmista kulutuspiikeistä syntyy jouluaattona, kun lähes kaikki Suomen sähkösaunat laitetaan

päälle. Sen sijaan sähkökenttä ei muutu kuormituksen mukaan.

Suurten voimajohtojen sähkö- ja magneettikentät ulottuvat ympäristöön muutamien kymmenien metrien päähän. Johdon tyyppi, nimellisjännite ja pylväsmalli vaikuttavat kenttien voimakkuuteen paljon.

Maakaapeli aiheuttaa maanpinnalle suuremman magneettikentän kuin vastaava voimajohto, mutta kenttä ulottuu vain muutamain metrin etäisyydelle kaapelista.

#### **Voimajohtojen magneettikentät**

Suurimmat magneettivuon tiheydet ovat 400 kV johdon alla, missä saattaa olla suurimmilla kuormitusvirroilla 10–20  $\mu\text{T}$  (mikrotesla) kenttä. Magneettivuon tiheys jää käytännössä aina alle yhden mikroteslan, kun etäisyys johdon keskilinjaan on yli 70 metriä. Maksimikuormituksella 110 kV linjan magneettivuontiheydet johdon alla ovat noin 5–8  $\mu\text{T}$  ja 1  $\mu\text{T}$  alittuu noin 40 metrin etäisyydellä johdon keskilinjasta.

Lukuja voi verrata vaikka kotiympäristön magneettivuon tiheyk-

Voimajohdon jännitetaso kV	Eristeketjun pituus	Eristelautasten lukumäärä
110	noin 1 metri	6–8
220	noin 2 metriä	10–12
400	noin 4 metriä	18–21

Voimajohtojen eristeketjujen pituudet ja eristelautasten lukumäärät.

## Sähkötekniikan käsitteet

Sähkökenttien ja magneettikenttien syntymekanismin ymmärtämiseksi on tunnettava joi-tain sähkötekniikan perusteita. Tärkeimmät peruskäsitteet ovat jännite, virta, teho ja taajuus. Jännitteen yksikkö on voltti [V] ja virran yksikkö ampeeri [A]. Virran ja jännitteen tulo on sähköteho, jota mitataan wateissa [W].

Esimerkiksi tavallisen pistorasian kahden navan välillä on Suomessa 230 V jännite. Kun pistorasiaan kytketään sähkölai-te, johdoissa lähtee kulkemaan virtaa. Virran suuruus riippuu kuormasta, eli siitä, kuinka pal-jon tehoa kyseinen sähkölaitte kuluttaa. Tavallisessa pistorasias-sa on usein 16 ampeerin sulake, eli pistorasian maksimivirta on 16 A. Suurin pistorasiasta saata-va teho on näin ollen  $16 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 3680 \text{ W}$  (3,68 kW). Tämä vas-

taa esimerkiksi pienen kiukaan tai suuren uunin tehoa. Pienem-pi kuorma aiheuttaa pienemmän virran. Esimerkiksi 20 W kulut-tava laite, kuten energiansäästö-lamppu, ottaa sähköverkosta alle 0,1 A virran.

Sähkönjakelu perustuu vaih-tovirtatekniikkaan. Siinä jännitteen ja virran suunta kääntyy jatkuvasti edestakaisin. Kään-tymisen nopeus, eli taajuus ker-too kuinka monta kertaa virran ja jännitteen suunta kääntyy sekun-nissa. Taajuuden yksikkö on hertsi [Hz]. Sähköverkon taajuus on Suomessa 50 Hz.

Kahden johtimen välillä vai-kuttava jännite aiheuttaa johti-mien väliseen tilaan sähköken-tän, jonka yksikkö on voltteja per metri [V/m]. Jos jännite on 1 V ja johtimet metrin päässä toisis-taan, sähkökentän voimakkuus

johtimien välillä on keskimäärin 1 V/m. Voimajohdossa sähkökent-tä muodostuu pääasiassa johtimi-en väliin mutta osittain myös joh-timien ja maan väliin.

Johtimessa kulkeva virta ai-heuttaa johtimen ympärille mag-neettikentän. Magneettikentän yksikkö on ampeeria per met-ri [A/m], mutta perinteisesti tä-män sijasta käytetään suureena magneettivuon tiheyttä, jonka yk-sikkö on tesla [T]. Tähän on käy-tännössä yleensä lisättävä miljoonanosaa tarkoittava etuliite mikro [ $\mu\text{T}$ ] ( $1 \text{ T} = 1000000 \mu\text{T}$ ). Mag-neettikenttä ja magneettivuon ti-heys ovat suoraan verrannolliset toisiinsa, eli kyseessä on vain eri tapa ilmoittaa sama asia.

Sähkötekniisiä termejä	Yksikkö	Termin selite	Esimerkkejä
Jännite	voltti (V) kilovoltti (kV) $1000 \text{ V} = 1 \text{ kV}$		Paristo 1,5 V Pistorasia 230 V Akku 12 V
Virta	ampeeri (A)		Sulake sähkötaulussa 10 A tai 16 A
Teho (virta x jännite = sähköteho)	watti (W) tai kilowatti (kW) $1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$		Sähkölämmitin 2000 W Hehkulamppu 40 W
Taajuus	hertsi (Hz)	Jännitteen ja virran kääntymisen nopeus	Sähköverkko Suomessa 50 Hz
Energia	kilowattitunti (kWh)	Sähköenergiaa mitataan kilowattitunteina.	Kun kahta 1 kW tehoista laitetta käytetään 3 h, energiaa kuluu 6 kWh.
Sähkökenttä	voltteja per metri (V/m)	Sähkövaraus synnyttää sähkökentän esimerkiksi kahden johtimen välille.	
Magneettikenttä	tesla (T) mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ) $1000000 \mu\text{T} = 1 \text{ T}$	Sähkövirta aiheuttaa magneettikentän.	





Vastavalo

Suomessa yleisin pylvästyppi on harustettu eli vaijerilla tuettu portaalipylväs, jossa kulkee kolme johdinta rinnakkain ja näiden yläpuolella on yleensä kaksi ukkosjohdinta.

siin, joiden suuruusluokka on 0,1 mikrotaslaa ja toimistoissa vähän enemmän. Rakennusmateriaalit eivät juuri vaimenna magneettikenttää, joten kenttä on yhtä voimakas lähellä olevissa rakennuksissa kuin ulkona.

#### **Voimajohtojen sähkökentät**

Sähkökenttä ei riipu johdon kuormituksesta, vaan johdon jännitetasosta. Sähkökentän voimakkuudet ovat 400 kV johdon alla enimmillään 10 kV/m ja 110 kV johdon alla 2–3 kV/m.

Sähkökenttä ei tunkeudu sisään esimerkiksi rakennuksiin tai autoon. Kauemmas siirryttäessä sähkökenttä vaimenee nopeammin kuin magneettikenttä. Kasvillisuus ja rakennelmat vaimentavat sähkökenttää tehokkaasti.

#### **Voimajohtojen terveysvaikutuksista ei ole täyttä varmuutta**

Voimajohtojen alle syntyvät sähkö- ja magneettikentät eivät ole koskaan niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat välitöntä haittaa ihmisille. On kuitenkin epäilty, että asuminen tai muu pitkäaikainen altistuminen voimajohdon lähellä aiheuttaisi terveysriskin. Epäily perustuu siihen, että eräissä epidemiologisissa eli väestötutkimuksissa 1970-luvun lopulta alkaen on havaittu, että voimajohtojen lähellä asuneilla lapsilla on muuhun väestöön verrattuna kohonnut riski sairastua leukemiaan.

Leukemian esiintymisen ja voimajohtojen yhteydestä ei edelleenkaan ole varmaa tietoa. Tilastollisiin tutkimuksiin liittyy

tämän tyyppisissä kysymyksissä useita ongelmia, jotka vääristävät tuloksia. Ilmiön selittävää fysikaalista vuorovaikutusmekanismia ei tunneta eikä epidemiologisille viitteille ole saatu tukea laboratorio-olosuhteissa tehdyissä eläinkokeissa.

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on luokitellut matlataajuiset magneettikentät ”mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi”. Saman luokituksen on saanut esimerkiksi kahvi. Vastaavia epäilyjä ei ole liitetty sähkökenttäaltistukseen.

Kaikkien epidemiologisten tutkimusten yhteenvetoihin perustuva arvio on, että riski lasten leukemiaan kasvaa noin kaksinkertaiseksi, mikäli magneettivuon tiheys asunnossa ylittää noin

0,4 µT. Kun tätä verrataan voimajohtojen lähellä vallitseviin magneettikenttiin ja asukasmääriin, voidaan arvioida, että alle yksi prosentti lasten leukemioista aiheutuisi voimajohtoista. Tämä tarkoittaisi Suomessa noin kahta lisätapausta kymmenessä vuodessa. Leukemia on lasten yleisin syöpätyyppi. Siihen sairastuu vuosittain 50–60 alle 15-vuotiasta.

#### **Riskinarvio perustuu laajaan tieteelliseen tutkimukseen**

Voimajohtojen terveysvaikutuksia selvitetään epidemiologisil-

la tutkimuksilla, joissa tutkitaan voimajohtojen kentille altistuneiden sairastuvuutta muuhun väestöön verrattuna. Lisäksi tehdään laboratoriokokeisiin perustuvia tutkimuksia, joissa soluviljelmiä, eläimiä tai ihmisiä altistetaan magneettikentille mahdollisten haitallisten muutosten havaitsemiseksi ja niiden syntymekanismien ja altistavan tekijän yhteyden varmistamiseksi.

Kaikkiin tutkimustyyppihin sisältyy tiettyjä epävarmuuksia, minkä vuoksi riskinarvion perustuttava eri tutkimustyyppi-

pien yhdistämiseen. Lisäksi terveysvaikutusten tutkimukselle on ominaista, että tuloksissa on satunnaisvaihtelua. Tämän vuoksi yksittäinen tulos ei yleensä muuta tieteessä vallitsevaa käsitystä ennen kuin samanlaisia tuloksia on saatu muissa toisistaan riippumattomissa tutkimuksissa. Vastaavaa lähestymistapaa käytetään myös esimerkiksi kemikaalien, lääkeaineiden tai ympäristömyrkköjen turvallisuuden arviointiin. Voimajohtojen pitkäaikaisvaikutuksista on saatu viitteitä vain epidemiologisissa tutkimuksissa.

### **Epidemiologian tutkimusmenetelmät**

#### **Tapaus-verrokkitutkimus eli sairauslähäinen tutkimus**

Tutkimuksen tapauksiksi valitaan ryhmä tiettyyn sairautteen sairastuneita ja verrokeiksi mahdollisimman samankaltainen ryhmä terveitä. Ryhmien altistuminen tutkittavalle altisteelle ja muille sairautteen vaikuttaville tekijöille selvitetään. Sairastuneiden ja terveiden väliset erot altistuksessa antavat viitteen siitä, että kyseinen altiste saattaa liittyä sairauteen.

Tapaus-verrokkitutkimuksessa voidaan tutkia kerralla vain yhtä sairautta mutta useita altisteita, eli tämä tutkimustyyppi sopii tietyn yksittäisen sairautteen syiden selvittämiseen. Tutkimuksen alkaessa tapauksilla on jo kyseinen sairaus, joten sairautteen mahdollisesti aiheuttanut altiste on saatu aina ennen tutkimuksen alkua.

Tutkimusasetelman hyvänä puolena on nopeus ja kohtuulliset kustannukset. Vaikeutena on altistumisen selvittäminen jälkikäteen.

#### **Kohorttitutkimus eli altistelälähäinen tutkimus**

Tutkittava ihmisjoukko jaetaan ryhmiin altistumisen perusteella, esimerkiksi paljon altistuneet ja vähän altistuneet. Mahdolliset ryhmien väliset erot sairastuvuudessa antavat viitteen siitä, että altiste saattaa aiheuttaa kyseisen sairautteen tai edesauttaa sen kehitystä. Kohorttitutkimuksessa voidaan tutkia yleensä vain yhtä altistetta, mutta useita sairauksia.

Kohorttitutkimuksessa selvitetään ennen tutkimuksen alkua tapahtunut altistuminen mahdollisimman hyvin, minkä jälkeen altistumista ja sairastuvuutta seurataan koko tutkimuksen ajan. Kohorttitutkimus on epidemiologisista tutkimuksista luotettavin. Ongelmana on kuitenkin se, että seurantaan saatetaan joutua jatkamaan vuosia, koska monet sairaudet kehittyvät hyvin hitaasti. Myös tutkimuksen kustannukset nousevat tällöin suuri.

#### **Ekologinen tutkimus**

Sairautta tutkitaan esimerkiksi sen maantieteellisen tai ajallisen esiintyvyyden perusteella. Tietyille alueille keskittyneet sairaudet antavat viitteitä siitä, että jokin paikallinen tekijä aiheuttaa sairaudet tai tiettyä ajanjaksona tapahtunut sairautteen yleistyminen johtuu samaan aikaan lisääntyneestä altistuksesta.

Ekologinen tutkimus on epidemiologisista menetelmistä helppo toteuttaa. Tässä tutkimustyyppissä on kuitenkin useita epävarmuuksia, jonka vuoksi tulokset ovat varsin epäluotettavia. Tiedot ovat saatavilla vain koko ryhmän keskiarvona joten yksittäisten sairastuneiden altistumisesta ei ole tietoa. Sairastuvuuden muutos ei välttämättä johdu altisteesta.



Leukemian ja voimajohtojen välisen yhteyden selvittämisen vaikeutena on se, että leukemian syntyyn tai kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä ei tunneta. Tutkimusasetelmaa määriteltäessä ei tiedetä,

mitkä tekijät pitäisi ottaa huomioon. Mikäli jokin tuntematon leukemian riskitekijä on yhteydessä voimajohtoihin, se saattaa sekoittaa tuloksia. Voimajohtot ovat esimerkiksi usein suurien teiden var-

silla ja lähellä teollisuutta, joten monet magneettikentille altistuneet altistuvat lisäksi liikenteen ja tehtaiden päästöille normaalia enemmän.

Voimajohtojen terveysvaikutuk-

Sähkökentän voimakkuus	Vaikutus
> 200 kV/m	Hermostimulaatio (esimerkiksi lihasten nykiminen)
> 50 kV/m	Sietämättömäksi käyvä ihoärsytys
5–15 kV/m	Ihokarvojen ja vaatteiden liikkumisesta johtuva kutina ja ärsytys
5 kV/m	Sähkökentänvoimakkuuden suositusarvo (STM:n asetus 294/2002)
1–3 kV/m	Kipinäpurkauksia kosketettaessa suuria maasta eristettyjä esineitä (esim. auto)

Matalataajuisten sähkökenttien vaikutuksia 50 Hz taajuudella. Vaikutukset riippuvat voimakkaasti ympäristöolosuhteista ja altistuvan ihmisen anatomiasta, joten arvot ovat suuntaa-antavia.

Magneettivuon tiheys	Vaikutus
250 000 $\mu\text{T}$	Sydämen kammiovärinä
100 000 $\mu\text{T}$	Sydämen lisälyönnejä
30 000 $\mu\text{T}$	Hermostimulaatio (esimerkiksi lihasten nykiminen)
5 000 $\mu\text{T}$	Magnetofosfeeneja eli magneettikentän aiheuttamia välähdyksiä silmissä
100 $\mu\text{T}$	Magneettivuontiheyden suositusarvo (STM:n asetus 294/2002)
0,4 $\mu\text{T}$	Tilastollisia viitteitä lasten leukemian yleistymisestä

Matalataajuisten magneettikenttien vaikutuksia 50 Hz taajuudella.



sia selvittämissä epidemiologisissa tutkimuksissa on käytetty pääasiassa niin sanottua tapaus-verrokki-asetelmaa (katso tietolaatikko sivu 7). Tapaukset ovat useimmiten syöpärekistereihin kirjattuja leukemiaan sairastuneita. Vertailuryhmään kuuluvien ikä, sukupuoli ja asuinalue vastaavat tutkittavia tapauksia.

Altistumistietoja voidaan arvioida esimerkiksi osoiterekistereiden perusteella määrittämällä kotiosoitteiden etäisyydet voimajohtoista. Näin ollen tutkimuksissa voidaan käsitellä hyvinkin suuria ihmisjoukkoja.

Lasten leukemia on harvinaisen sairaus ja väestöstä hyvin pieni osa asuu voimajohtojen lähellä. Tämän vuoksi tilastolliseen analyysiin riittävän tapausmäärän löytäminen on vaikeaa.

Tapaus-verrokki-asetelman lisäksi on tehty myös kohortti- eli seurantatutkimuksia ja ekologisia tutkimuksia.

**Altistumisrajat suojaavat kenttien tunnetuilta terveysvaikutuksilta**  
Voimakkaat sähkö- ja magneettikentät ovat ihmisille vaarallisia.

Kenttä aiheuttaa ihmiseen sähkövirtoja, jotka saattavat riittävän voimakkaina aiheuttaa esimerkiksi tahattomia lihaskouristuksia, valonvälähdyksiä silmissä tai jopa sydämen kammiovärinän. Pahimmat haittavaikutukset voivat olla samanlaiset kuin sähköiskusta, jonka saa jännitteisestä johtimesta.

Edes suurimpien 400 kV voimajohtojen alla ei esiinny niin voimakkaita kenttiä, että edellä mainittuja haittoja syntyisi. Johtojen alla saattaa esiintyä pienempiä, sinänsä vaarattomia, ilmiöitä kuten ihokarvojen värinää ja ihoärsytystä, kipinäpurkauksia sateenvarjossa tai metalliesineistä saatavia pieniä sähköiskuja. Sähköiskut aiheutuvat siitä, että ihmiseen tai esimerkiksi autoon kerääntyneet varaukset purkautuvat kosketuksesta.

Haittavaikutusten ehkäisemiseksi sähkö- ja magneettikentille on annettu altistumisrajat. Voimajohtojen väestölle aiheuttamaa altistumista koskevat rajat on kirjoitettu suosituksiksi sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen 294/2002. Voimajohtojen taajuudella (50 Hz) raja-arvot ovat



Voimajohtojen alla voi turvallisesti esimerkiksi kävellä, poimia marjoja, pyöräillä tai ajaa autolla.

Johdon tyyppi	Magneettivuontiheyden maksimi johdon alla*	Etäisyys, jolla magneettivuon tiheys on todennäköisesti aina alle 1 $\mu\text{T}$	Etäisyys, jolla magneettivuon tiheys on todennäköisesti aina alle 0,4 $\mu\text{T}$
400 kV harustettu portaalipylväs	22 $\mu\text{T}$	70 m	100 m
400 kV kaksoisjohtopylväs	10 $\mu\text{T}$	50 m	100 m
220 kV harustettu portaalipylväs	8 $\mu\text{T}$	40 m	50 m
110 kV harustettu portaalipylväs	12 $\mu\text{T}$	25 m	40 m
110 kV kaksoisjohtopylväs	7 $\mu\text{T}$	25 m	40 m

\* Tyypilliset magneettivuontiheydet ovat tässä esitettyjä pienempiä. Kenttien tarkempi arvioiminen edellyttää kuitenkin johdon teknisten ominaisuuksien tuntemista. Johtojen maksimikuormitukset ovat 400 kV jännitetasolla 1000 A, 220 kV jännitetasolla 700 A ja 110 kV jännitetasolla 600 A suuruusluokkaa. Magneettivuon tiheys normaalissa kotiympäristössä on suuruusluokkaa 0,1  $\mu\text{T}$  ja toimistossa vähän enemmän.

STUK suosittelee välttämään asuntojen, päiväkotien, koulujen ja muiden lapsille tarkoitettujen tilojen rakentamista paikkoihin, joissa magneettivuon tiheys ylittää jatkuvasti 0,4  $\mu\text{T}$  tason. Taulukossa annetut etäisyydet ovat arvioita suurimmista magneettivuontiheyksistä erityyppisten johtojen läheisyydessä. Suunniteltaessa rakentamista näitä etäisyyksiä lähemmäksi voimajohtoja kannattaa selvittää kenttien taso tarkemmin.

magneettivuontiheydelle 100  $\mu\text{T}$  ja sähkökentälle 5 kV/m. Altistumiseen, joka ei kestä merkittävää aikaa, sovelletaan arvoja 500  $\mu\text{T}$  ja 15 kV/m. Arvot perustuvat Euroopan neuvoston suositukseen 1999/519/EY, joka on tehty kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komission ICNIRPin suositusten pohjalta. Vastaavat rajat ovat käytössä useimmissa Euroopan maissa. Rajat on johdettu siten että ne suojaavat kaikilta tieteellisesti todennetuilta haitallisilta terveysvaikutuksilta. Lääkinnälliset laitteet on rajattu suosituksen ulkopuolelle. Esimerkiksi sydämentahdistimet saattavat häiriintyä jo rajoja pienemmässä kentässä, joten potilaan on tärkeää selvittää hoitavalta lääkäriltä mitä rajoituksia laite aiheuttaa.

Voimajohtojen tapauksessa magneettivuontiheyden 100  $\mu\text{T}$  raja-arvo ei käytännössä ylitä edes suoraan suurimpien johtojen alla. Sähkökentän voimakkuus 400 kV johtojen alla saattaa ylittää rajan 5 kV/m joissain tapauksissa, mutta ei kuitenkaan lyhytaikaisen altistumisen rajaa 15 kV/m. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 294/2002 sanamuotoa ”... ei kestä

merkittävää aikaa” on tulkittu siten, että johtojen lähistöllä voi esimerkiksi marjastaa tai pyöräillä. Uusien toimintojen sijoittamista tällaiseen kenttään on kuitenkin vältettävä. Varsinkaan pitkäaikaiseen oleskeluun tarkoitettuja alueita, kuten asuintalon piha, ei tule sijoittaa tällaiseen kenttään.

### STUK suosittelee noudattamaan järkevää varovaisuutta

Sähkö- ja magneettikentille säädetyt suositusarvot eivät yleensä rajoita rakentamista tai oleskelua voimalinjojen tuntumassa, lukuunottamatta joitakin 400 kV voimajohtojen johtoaukealle jääviä alueita, joissa 5 kV/m sähkökentänvoimakkuus ylittyy. Pitkäaikaisen magneettikenttäaltistuksen riskeistä on kuitenkin epäilyksiä, joten turhaa altistumista kannattaa välttää. Lisäksi voimajohtojen omistajat asettavat rajoituksia johtojen läheisyyteen rakentamiselle. Rajoituksista saa tietoa sähköyhtiöistä.

Normaali magneettivuon tiheys kodeissa on alle 0,1  $\mu\text{T}$  ja toimistoissa vähän enemmän. Lasten leukemiaa selvittäneissä tutki-

muksissa altistuneisiin on tyypillisesti luettu vähintään 0,3–0,4  $\mu\text{T}$  kentässä asuneet. Altistusraja on 100  $\mu\text{T}$ , joten näiden arvojen välille jää alue, jossa magneettikenttäaltistus on syytä ottaa huomioon, vaikka rakentamiselle tai oleskelulle ei ole velvoittavaa estettä.

Varmuutta leukemian ja magneettikenttien yhteydestä tuskin saadaan vielä pitkään aikaan. Tämä epävarmuus on omiaan aiheuttamaan ihmisissä huolta, etenkin kun kyseessä on lapsiin kohdistuva riski. Lisäksi asuintalot ovat ihmisille merkittäviä investointeja. Tämän vuoksi STUK suosittelee välttämään pysyvään oleskeluun tarkoitettua rakentamista alueilla, joissa magneettivuon tiheys ylittää jatkuvasti edellä mainitun noin 0,4  $\mu\text{T}$  tason. Kotien lisäksi erityisesti lasten oleskeluun tarkoitettut tilat, kuten päiväkodit ja koulut, on syytä rakentaa riittävän matkan päähän voimajohdoista. Epäselvissä tapauksissa Säteilyturvakeskus voi antaa lausuntoja esimerkiksi kaavoitusviranomaisille.



Voimajohdon alla olevia alueita voi käyttää laidunmaana ja niillä voi tehdä maataloustöitä. Korkeiden työkoneiden turvallisesta käytöstä kannattaa kysyä voimajohtoyhtiöltä.

## Sähkö- ja magneettikentät on huomioitava maankäytössä

### Sähkökentän voimakkuus 5–15 kV/m tai magneettivuon tiheys 100–500 $\mu\text{T}$

Pitkäaikaiselle altistumiselle annettu raja on sähkökentälle 5 kV/m ja magneettivuontiheydelle 100  $\mu\text{T}$ . Alueita voi kuitenkin käyttää toimintoihin, joissa altistuminen on lyhytaikaista, kuten esimerkiksi:

- Marjastamiseen ja sienestämiseen
- Kotieläinten laitumena
- Maatalous- ja metsätöiden tekemiseen
- Autotienä tai kevyen liikenteen väylänä

Voimajohtojen lähellä on kuitenkin aina muistettava sähköturvallisuus. Esimerkiksi puiden kaataminen tai nostimilla työskentely saattaa olla hengenvaarallista. Turvaohjeita saa voimajohdon omistajalta.

### Missä näin voimakkaita kenttiä esiintyy?

**Sähkökentän** voimakkuus saattaa olla hieman yli 5 kV/m suoraan 400 kV voimajohtojen alla tai johtoaukealla. Näin suurille voimajohtojen **magneettikentille** väestö ei altistu missään tilanteessa, koska johdot sijaitsevat korkeissa pylväissä ja niihin on pääsy kielletty.

### Magneettivuon tiheys 0,4–100 $\mu\text{T}$

Maankäytössä kannattaa noudattaa harkintaa. STUK suosittelee välttämään asuntojen, päiväkotien, koulujen ja muiden lapsille tarkoitettujen tilojen rakentamista paikkoihin, joissa magneettikenttä ylittää jatkuvasti 0,4  $\mu\text{T}$  tason.

### Missä esiintyy?

0,4  $\mu\text{T}$  saattaa ylittyä noin 100 metrin säteellä suurimmista 400 kV tai noin 40 metrin säteellä suurimmista 110 kV johdoista. Tapauskohtaisesti etäisyydet vaihtelevat kuitenkin paljon.

### Sähkökentän voimakkuus alle 5 kV/m

Maankäytössä ei ole käyttörajoituksia tai suosituksia. Sähkökenttäältistukseen ei ole liitetty terveyshaittaepäilyjä. Sydämentahdistimet saattavat kuitenkin häiriintyä. Lisätietoja voi pyytää hoitavalta lääkäriltä.

### Missä esiintyy?

Sähkökenttä vaimenee nopeasti siirryttäessä kauemmas johdoista. Kentänvoimakkuus ei ylitä 5 kV/m käytännössä minkään voimajohdon johtoaukean ulkopuolella.

Sähkö- ja magneettikentät on huomioitava maankäytössä. Kentät eivät kuitenkaan estä alueiden hyödyntämistä. Yllä olevissa taulukoissa on annettu esimerkkejä siitä, millaisia toimintoja voi sijoittaa erilaisiin sähkö- ja magneettikenttiin. Magneettikenttiä eri etäisyyksillä voimajohdosta voi arvioida karkeasti sivun 9 taulukosta. Tarkemman tapauskohtaisen arvion tekemiseen tarvitaan voimajohdon tekniset tiedot. Arviointiin on saatavissa apua esimerkiksi Säteilyturvakeskuksesta.



Päiväkodit ja koulut on syytä sijoittaa riittävän matkan päähän voimajohdoista. Suositeltava vähimmäisetäisyys riippuu siitä, kuinka korkealla voimajohdot ovat ja kuinka suuret virrat johdoissa kulkevat.

Voimajohdot ovat sähkönsiirtojärjestelmän näkyvin osa. Johdoilla siirretään sähköä voimalaitoksilta kuluttajille. Voimajohdot synnyttävät ympärilleen sähkö- ja magneettikenttiä. Suurimmillaan kentät ovat johtojen alla. Sähkökenttä ja magneettikenttä vaimenevat nopeasti kauemmas johdoista siirryttäessä.

400 kilovoltin voimajohtojen alla sähkökentän voimakkuus saattaa olla niin suuri, että siellä voi oleskella vain lyhytaikaisesti. Magneettikenttien terveysvaikutuksista ei ole täyttä varmuutta. Säteilyturvakeskus (STUK) suosittelee välttämään asuinrakennusten, koulujen ja päiväkotien rakentamista voimajohtojen välittömään läheisyyteen.

#### Lisätietoa

- Säteily- ja ydinturvallisuus. Osa 6: Sähkömagneettiset kentät, 2006. STUK
- Yleisön altistuminen pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille Suomessa, 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:12
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (294/2002) ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta, STUKin laatima lyhennelmä asetuksen perusteluista, 2002. STUK
- Säteilyturvakeskus, Ionisoimattoman säteilyn valvonta -yksikkö



Laippatie 4, 00880 Helsinki  
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

Painotalo Kyriiri Oy  
Helsinki 2011