www.leenakorpinen.com
Tämä Tilannekatsaus on luettavissa myös html-muodossa.

Sähkö- ja magneettikentille altistumista tutkitaan kodin, työpaikan, liikenteen ja merien näkökulmasta

Tilannekatsaus: 2/2025 – julkaistu 22. joulukuuta 2025

Sisältö:
01: Pääkirjoitus
02: Magneettikenttätaajuuden vaikutukset magnetofosfeenien havaitsemisessa hämärään sopeutumisen aikana viittaavat sauvasolujen toimintaan
03: Kohorttitutkimus Alzheimerin taudin suhteesta kiinteistömuuntamojen tuottamiin magneettikenttiin asuinpaikassa
04: Sähkömagneettisten kenttien aiheuttama ympäristöherkkyys – altistumisen kokemus ja oireiden raportointi yhteistyönä suunnitellun provokaatiotestin avulla
05: Erityyppisten ajoneuvojen tuottamien magneettikenttien mittaaminen
06: WebNIR-alusta: verkkotyökalu riskien arviointiin sähkömagneettisille kentille altistuvilla työntekijöillä, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita
07: Analyysi suurjännitteisten sähköasemien sähkö- ja magneettikentistä – mallin kehittäminen turvallisuuden ja määräystenmukaisuuden arviointiin
08: Analyysi induktioliesille altistumisen arviointimenetelmistä
09: Naaraspuoliset rantataskuravut ovat herkempiä merenalaisten voimajohtojen tuottamille sähkömagneettisille kentille

Nro 01

Pääkirjoitus

Lokakuun kahdeskymmenes päivä järjestettiin Belgiassa seminaari ”Low-frequency electromagnetic fields and health, results of 4 years of research by BBEMG”. Tilaisuudessa esiteltiin BBEMG:n (Belgian BioElectroMagnetics Group) tutkimustuloksia viimeiseltä neljältä vuodelta sekä suunnitelmia tulevista tutkimuksista. Tilaisuutta pystyi seuraamaan myös etänä. Aineistoja näyttää löytyvän heidän nettisivultaan. He ovat tehneet mielenkiintoisia tutkimuksia jo pitkään. Osaan yritän itsekin tutustua myöhemmin tarkemmin.

Löysin tähän uuteen tilannekatsaukseen mielestäni taas kiinnostavia tieteellisiä artikkeleja. Tilannekatsauksen alussa käsitellään magnetofosfeeneja. Tämän aiheen osalta on saatu varsin paljon uutta tietoa viime vuosina, tai ehkä on parempi sanoa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Aikoinaan julkaistiin yksi aihetta käsittelevä tutkimus. Nyt tutkitaan jo tarkemmin, miten ilmiö syntyy.

Toiseksi artikkeliksi löysin suomalaiseen aineistoon perustuvan tutkimuksen. Tutkimusryhmä on jo aiemmin kerännyt tietokannan kiinteistömuuntamon sisältävistä rakennuksista Suomessa. Nyt he tutkivat sitä, onko Alzheimerin taudin ja asuinpaikassa kiinteistömuuntamoiden tuottamille pientaajuisille magneettikentille altistumisen välillä yhteyttä.

Kiinteistömuuntamoiden lisäksi tilannekatsauksesta löytyy tällä kertaa muitakin teknisiä laitteita tai järjestelmiä. Esimerkiksi mukana on sähköautoille altistumista, induktiolieden muodostamia kenttiä ja myös verkkotyökalu, jolla voidaan arvioida työympäristön riskiä, kun työtekijällä on käytössään aktiivinen implantoitava lääkinnällinen laite. Sähköasemien kenttiin liittyen otin mukaan myös yhden kiinnostavan opinnäytetyön.

Tilannekatsauksen loppuun valitsin tällä kertaa rantataskurapuihin liittyvän artikkelin. Ajattelin, että se voi olla muistakin kiinnostava, kun merikaapeleita rakennetaan nykyään paljon.

Mukavaa lukuhetkeä tilannekatsauksen parissa!

Leena Korpinen, professori
Tilannekatsauksen päätoimittaja

Nro 02

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat selvittivät miten eri taajuiset magneettikentät vaikuttavat magnetofosfeenien havaitsemiseen. Tutkimukset tehtiin hämärään sopeutumisen aikana. Tutkijat yrittivät saada selville, saavatko magnetofosfeenit alkunsa verkkokalvolla, aivokuorella vai molemmissa. Tutkimuksensa perusteella kirjoittajat arvioivat, että magnetofosfeenien havaitsemisen taustalla olisivat verkkokalvon sauvasolut.

Magneettikenttätaajuuden vaikutukset magnetofosfeenien havaitsemisessa hämärään sopeutumisen aikana viittaavat sauvasolujen toimintaan

Kun pientaajuinen magneettikenttä tuottaa riittävän voimakkaan sähkökentän pään alueelle, havaitaan valonvälähdyksiä eli magnetofosfeeneja. Fosfeenien syntymekanismien ymmärtäminen olisi tutkimusryhmän mielestä erityisen tärkeää, sillä niitä hyödynnetään laadittaessa magneettikenttäaltistuksia koskevia kansainvälisiä turvallisuusstandardeja ja ohjeistuksia työntekijöille ja koko väestölle.

Koska tutkimusryhmän mukaan on edelleen kiistanalaista, saako ilmiö alkunsa verkkokalvolla vai aivokuorella vai molemmissa, he halusivat tällä tutkimuksella saada tarkempaa fysiologista tietoa prosessista. He keskittyivät tutkimaan eri magneettikenttätaajuuksilla hämäräadaptaation aikana muodostuvia magnetofosfeeneja.

Tutkijat valitsivat osallistujiksi 41 tervettä henkilöä, joille annettiin magneetti-impulsseja käyttämällä räätälöityä, koko pään kattavaa transkraniaalista vaihtuvan magneettistimulaation laitetta. Osallistujat jaettiin neljään ryhmään, joista yksi, verrokkiryhmä, altistettiin magneettikentille koko ajan valaistussa ympäristössä. Loput kolme ryhmää olivat ensin 5 minuuttia valaistussa tilassa ja saivat sitten sopeutua hämärään 42 minuutin ajan siten, että kuhunkin ryhmään kohdistettiin 3 minuutin välein eri taajuinen, 20, 50 ja 60 hertsin, magneettikenttäsimulaatio. Tämän hämäräadaptaatiojakson aikana osallistujat raportoivat magneettikenttäaltistuksen jälkeen aina kynnysarvon eli kohdan, jolloin he havaitsivat magnetofosfeeneja. Tutkijat vertasivat ryhmien välisiä magneettivuon tiheyksien kynnysarvoja käyttäen toistomittausten varianssianalyysiä.

Saatujen tietojen perusteella tutkijat havaitsivat magnetofosfeenien kynnysarvojen olevan merkittävästi korkeampia hämäräadaptaatiojakson aikana. He mallinsivat magnetofosfeenien kynnysarvoja suhteessa aikaan eri taajuuksilla käänteisen eksponentiaalisen hajoamisen regressiomallin avulla.

Tutkijoiden mukaan magnetofosfeenien kynnysarvojen nouseminen hämäräadaptaation aikana liittyy todennäköisesti verkkokalvon mekanismeihin, joissa valoenergia muuttuu hermoimpulsseiksi. Tämän he selittävät viittaavan siihen, että magnetofosfeenien havaitsemisen taustalla ovat verkkokalvon sauvasolut. Tutkijoiden mielestä löydöksillä on merkitystä laadittaessa uusia kansainvälisiä ohjeistuksia ja turvallisuusstandardeja ja ne voisivat myös tasoittaa tietä uusille tutkimuksille verkkokalvon rappeumasta.

Lähde: Bouisset N, Carvallo A, Villard S, Laakso I, Legros A. Frequency responses of human magnetophosphene perception thresholds during dark adaptation point to rod modulation. Experimental Physiology. 2025, 1–11. https://doi.org/10.113/EP092852.

Hakusanat: hämäräadaptaatio, magnetofosfeenit, voimajohtojen taajuudet, verkkokalvon herkkyys, sauvasolu, transkraniaalinen vaihtuva magneettistimulaatio (TAMS)

Nro 03

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat selvittivät kohorttitutkimuksen avulla, onko kiinteistömuuntamojen tuottamille magneettikentille altistuneilla enemmän Alzheimerin tautia verrattuna muihin. Tutkijat käyttivät aikaisemmin Suomesta kerättyä tietokantaa kiinteistömuuntamon sisältävistä rakennuksista. He eivät löytäneet yhteyttä kiinteistömuuntamon viereisten asuntojen pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja Alzheimerin taudin välillä.

Kohorttitutkimus Alzheimerin taudin suhteesta kiinteistömuuntamojen tuottamiin magneettikenttiin asuinpaikassa

Epidemiologisten tutkimusten meta-analyysit ovat tutkijoiden mukaan antaneet viitteitä siitä, että Alzheimerin taudilla olisi yhteys altistumiseen pientaajuisille magneettikentille. Pääosa aiemmista tutkimuksista on keskittynyt altistumiseen työpaikalla tai asuinpaikassa voimajohtojen tuottamille pientaajuisille magneettikentille. Tämä tutkimus oli ensimmäinen, jossa tutkittiin Alzheimerin taudin ja asuinpaikassa kiinteistömuuntamoiden tuottamille pientaajuisille magneettikentille altistumisen välistä yhteyttä. Siinä käytettiin tutkimusmallia, jolla vältettiin monet aiempien tutkimusten rajoitteet ja puutteet.

Tutkimusryhmä oli aiemmin kerännyt tietokannan kiinteistömuuntamon sisältävistä rakennuksista Suomessa. Kaikki tähän tutkimukseen valitut tutkimuskohteet olivat asuneet vähintään kuusi kuukautta rakennuksissa, joiden sisällä on kiinteistömuuntamo. Magneettikenttäaltistuksen määritysperusteena tutkijat käyttivät asunnon sijaintia suhteessa muuntamoon. Alzheimerin tautia sairastavat potilaat tunnistettiin Kelan lääkeosto- ja korvausrekisteristä.

Tutkijat katsoivat 155 562 henkilön tutkimusjoukosta altistuneiksi 5 652 kiinteistömuuntamon viereisissä asunnoissa asunutta henkilöä. Samojen rakennusten ylemmissä kerroksissa asuneita 115 772 henkilöä tutkittiin verrokkiryhmänä. Magneettikenttäaltistuksen ja Alzheimerin taudin välisiä yhteyksiä tutkimusryhmä analysoi Coxin suhteellisten riskitiheyksien mallilla.

Tutkimuksessa tulokseksi saatu riskisuhde 1,02 viittasi siihen, että kiinteistömuuntamon viereisten asuntojen pientaajuisilla magneettikentillä ei ollut yhteyttä Alzheimerin taudin riskiin. Asumisen kesto ei olennaisesti vaikuttanut riskisuhteeseen. Alzheimerin taudin riski oli hieman suurempi, riskisuhde 1,22, kun tutkijat tarkastelivat henkilöitä, jotka olivat alle 50-vuotiaita muuttaessaan kyseiseen asuntoon. Tämä hieman korkeampi riskisuhde ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. Vaikka tässä tutkimuksessa altistustasot olivat voimakkaampia ja vältettiin aiempien tutkimusten puutteita, tulokset eivät tutkijoiden mukaan kuitenkaan tukeneet aiempia löydöksiä, joissa oli raportoitu Alzheimerin taudin yhteydestä altistumiseen magneettikentille työpaikalla ja asuinpaikassa.

Lähde:
Liimatainen A, Roivainen P, Juutilainen J, Höytö A, Naarala J. A Cohort Study on Alzheimer's Disease in Relation to Residential Magnetic Fields From Indoor Transformer Stations. Bioelectromagnetics, 2025; 46:e70031. https://doi.org/10.1002/bem.70031.

Hakusanat:
Alzheimerin tauti, sähkömagneettiset kentät, ympäristöaltistus, epidemiologia, ionisoimaton säteily

Nro 04

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat suunnittelivat provokaatiotestin yhdessä itsensä sähköyliherkiksi kokevien kanssa. Tutkijat myös esittelivät tuloksia heille. Tutkimukseen osallistui 47 vapaaehtoista, jotka kokivat itsensä sähköyliherkäksi. Artikkelin mukaan vain yhdellä tutkitulla varmuus altistumisen kokemuksesta oli enimmäkseen johdonmukainen altistumisen kanssa. Tutkijat miettivät muiden muassa provokaatioprotokollien hyödyntämistä hoitomenetelmien kehittämisessä.

Sähkömagneettisten kenttien aiheuttama ympäristöherkkyys – altistumisen kokemus ja oireiden raportointi yhteistyönä suunnitellun provokaatiotestin avulla

Sähkömagneettisten kenttien aiheuttama ympäristöherkkyys eli sähköyliherkkyys on oireyhtymä, jossa ihmiset raportoivat kärsivänsä sähkömagneettisten kenttien lähteille altistumisen heille aiheuttamista määrittelemättömistä oireista ilman, että taustalla olisi tunnistettu oireita selittävää sairautta. Tähän mennessä suoritetuilla provokaatio- eli altistustutkimuksilla ja niissä käytetyillä suunnitelmilla eli protokollilla ei ole tutkimusryhmän mukaan pystytty todistamaan sähkömagneettisille kentille altistumisen johdonmukaista yhteyttä raportoituihin oireisiin. Tämä onkin saanut jotkut tutkijat ja sähköyliherkät henkilöt kyseenalaistamaan näiden protokollien merkityksen oireiden tutkimisessa.

Tässä tutkimuksessa haluttiin suunnitella provokaatioprotokolla yhdessä sähköyliherkkien henkilöiden kanssa. Lisäksi tutkimusryhmä esitteli tulokset testeistä, joissa keskityttiin vapaaehtoisten sähköyliherkkien henkilöiden altistumisen kokemukseen ja raportoimiin oireisiin. Tutkimukseen valittiin 47 sähköyliherkkää vapaaehtoista, jotka osallistuivat totuttelujakson jälkeen erilaisiin altistusjaksoihin. Näistä saatujen tulosten perusteella suoritettiin kollektiivisia ja yksilöllisiä analyyseja.

Tutkijat havaitsivat sekä yksilötasolla että kollektiivisella tasolla, että vain yhdellä vapaaehtoisella varmuus altistumisen kokemuksesta oli enimmäkseen johdonmukainen altistumisen kanssa. Muilla yhteyttä ei löytynyt. Myöskään oireiden raportointi ei heidän löydöstensä perusteella kuvastanut johdonmukaisesti altistumista. Poikkeuksen muodosti jälleen sama vapaaehtoinen, jonka raportoimat oireet olivat jossain määrin merkittäviä suhteessa altistukseen. Kun verrattiin oireiden raportointia ja varmuutta altistumisen kokemuksesta, puolella vapaaehtoisista niiden vastaavuus oli merkittävä. Tämä tuki tutkijoiden mielestä heidän hypoteesiaan nocebo-vaikutuksesta.

Tutkimusryhmä pohti artikkelissa myös provokaatioprotokollien merkitystä, hyväksyttävyyttä ja hyödyntämismahdollisuuksia hoitomenetelmien kehittämisessä. He esittivät kritiikkiä siitä, että altistumisen kokemusta ja oireiden raportointia käytetään provokaatioprotokollien tuloksina, vaikka ne ovat keskeisiä tekijöitä henkilöiden kokiessa itsensä sähköyliherkiksi.

Lähde:
Ledent M, Bordarie J, Vatovez B, Dieudonne M, Prignot N, Vanderstraeten J, Bouland C, De Clercq E M. Exposure Perception and Symptom Reporting in Idiopathic Environmental Intolerance Attributed to Electromagnetic Fields Using a Co-Designed Provocation Test. Bioelectromagnetics, 2025; 46:e70006. https://doi.org/10.1002/bem.70006.

Hakusanat:
sähköyliherkkyys, yliherkkyys sähkömagneettisille kentille, kokemus, provokaatioprotokolla, provokaatiotutkimus

Nro 05

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat olivat jo aikaisemmin mitanneet erityyppisten ajoneuvojen tuottamia magneettikenttiä. Tällä kertaa he tekivät mittaukset IEC:n standardin 62764-1:2022 mukaan. Mittauksia tehtiin japanilaisille sähkö-, lataushybridi- ja polttomoottorimalleille testiradalla. Kenttätasot olivat pysyneet ennallaan verrattuna aikaisempiin mittauksiin. Tutkijoiden mukaan olisi hyvä jatkossa raportoida tällaisia mittaustuloksia säännöllisesti.

Erityyppisten ajoneuvojen tuottamien magneettikenttien mittaaminen

Sähköajoneuvojen tultua markkinoille vuosituhannen vaihteessa jotkut ihmiset ovat huolestuneet magneettivuon tiheyden voimakkuudesta ajoneuvon sisällä. Tutkimusryhmä oli vuonna 2013 suorittanut magneettivuon tiheysmittauksia sähkö-, hybridi- ja polttomoottoriajoneuvoille ja raportoinut niiden tuloksista. Tuolloin he olivat käyttäneet mittauksissaan alustadynamometriä, eikä mittauksia ollut tehty varsinaisen ajon aikana.

Koska sähköajoneuvot ja lataushybridit ovat viime vuosina yleistyneet nopeasti ympäri maailmaa, IEC on julkaissut standardin 62764-1:2022, jossa määritellään henkilö- ja pakettiautojen sähkölaitteiden tuottamien magneettikenttien mittausmenetelmät. Tutkijoiden mukaan uuteen standardiin perustuvia tutkimuksia on kuitenkin julkaistu Japanissa vain muutamia, joten uutta tietoa kaivattiin. Sen lisäksi tarkoituksena oli saada tärkeää tietoa ajoneuvon sisällä muodostuvista magneettikentistä ja vertailla löydöksiä viitetasoihin, jotta sähkömagneettisten kenttien riskeistä voitaisiin tiedottaa väestölle.

Tässä tutkimuksessa suoritettiin uusia, standardin IEC 62764-1:2022 mukaisia magneettikenttämittauksia nykyaikaisille japanilaisille sähkö-, lataushybridi- ja polttomoottorimalleille testiradalla. Lisäksi tutkimusryhmä mittasi magneettivuon tiheyden voimakkuuksia ja tunnisti sen lähteitä eri puolilta ajoneuvoa, eri tilanteissa ja tällä kertaa myös ajon aikana.

Tutkijoiden mittaamat magneettivuon tiheydet alittivat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICNIRP:n suosittelemat yleisen altistumisen viitetasot kaikissa ajoneuvotyypeissä. Suorittaessaan vertailumittauksia vuonna 2013 saatuihin tietoihin magneettikentistä he vahvistivat, että magneettikenttätasot olivat pysyneet samoina. Nämä tulokset olivat tutkijoiden mukaan arvokkaita, kun halutaan tiedottaa sähkömagneettisiin kenttiin liittyvistä riskeistä koko väestölle ja erityisesti niille, jotka ovat huolissaan magneettikenttäaltistuksesta sähköajoneuvojen sisällä.

Tulevaisuudessa altistuminen magneettikentille todennäköisesti vain lisääntyy, koska sähköajoneuvojen moottoreiden tehot ja akkujen kapasiteetti kasvavat. Siksi tutkijoiden mielestä olisi erittäin tärkeää julkaista tällaisia mittauksia tulevaisuudessa säännöllisesti.

Lähde:
Fukui H, Minami N, Tanezaki M, Muroya S, Ohkubo C. Magnetic Field Measurement of Various Types of Vehicles, Including Electric Vehicles. Electronics 2025, 14, 2936. https://doi.org/10.3390/electronics14152936.

Hakusanat:
tiedottaminen riskeistä, sähkömagneettiset kentät, sähköautot, hybridiajoneuvot, polttomoottoriajoneuvot, magneettivuon tiheys

Nro 06

Päätoimittajan kommentti: Italiassa eri organisaatiot ovat tehneet jo pidempään yhteistyötä sen suhteen, miten työantajat voivat arvioida sähkömagneettisille kentille altistumisen riskiä niiden työntekijöiden osalta, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita. He ovat yhdessä kehittäneet WebNIR-alustan, jolla työnantajat voivat tehdä arviointia. Hanke vastaa EU-direktiivin 2013/35/EU velvoitteisiin siitä, että työnantajien tulee laatia riskianalyysi sellaisia työntekijöitä varten, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita. Päätelmissään kirjoittajat toteavat, että jos kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICNIRP:n määrittämät väestöaltistuksen viitearvot eivät ylity, työpaikkaa voidaan pitää kohtuullisen turvallisena työntekijälle, jolla on aktiivinen implantoitava lääkinnällinen laite.

WebNIR-alusta: verkkotyökalu riskien arviointiin sähkömagneettisille kentille altistuvilla työntekijöillä, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita

Italian kansanterveyslaitos (ISS) ja Italian kansallisen tutkimusneuvoston sovelletun fysiikan laitos Nello Carrara (CNR-IFAC) ovat vuodesta 2017 lähtien tehneet yhteistyötä Italian kansallisen työtapaturmavakuutuslaitoksen INAIL:n Collaborative Research Calls (BRiC) –tutkimusprojektissa. Tarkoituksena on tukea työnantajia heidän arvioidessaan sähkömagneettisille kentille altistumisen riskiä niiden työntekijöiden osalta, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita, kuten rytmihäiriö- tai sydämentahdistimia. Sähkömagneettisilla häiriöillä näissä laitteissa voi olla vakavia seurauksia niiden käyttäjille, sillä häiriöt voivat aiheuttaa jopa hengenvaarallisia rytmihäiriöitä.

EU-direktiivi 2013/35/EU velvoittaa työnantajat laatimaan riskianalyysin sellaisia työntekijöitä varten, joilla on aktiivisia implantoitavia lääkinnällisiä laitteita. Riskianalyysin tulee sisältää syvällinen analyysi ja tarkka luonnehdinta työpaikan sähkömagneettisten kenttien lähteistä. Tässä tutkimusprojektissa olikin tavoitteena laatia työkaluja ja tukimateriaaleja asianmukaisen riskianalyysin suorittamiseen työpaikoilla.

Tutkimuslaitosten yhteistyön tuloksena kehitettiin verkkoportaali https://webnir.eu, joka tarjoaa erilaisia verkkotyökaluja työperäisen ionisoimattomalle säteilylle altistumisen arviointiin. Tässä julkaisussa kirjoittajat kuvasivat interaktiivisen prosessin, jonka avulla riskianalyysi voidaan suorittaa teknisessä standardissa EN 50527-1:2017 kuvattujen vaiheiden mukaisesti. Heidän mukaansa tämän prosessin avulla voidaan tunnistaa mahdolliset tarvittavat toimenpiteet.

Jos kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICNIRP:n määrittämät väestöaltistuksen viitearvot eivät ylity, työpaikkaa voidaan kirjoittajien mukaan pitää kohtuullisen turvallisena työntekijälle, joilla on aktiivinen implantoitava lääkinnällinen laite. Heidän mielestään verkossa WebNIR-alustalla saatavilla oleva ohjattu prosessikuvaus toimii käytännön apuna työnantajille EU-direktiivin vaatiman riskianalyysin suorittamisessa.

Lähde:
Comelli M, Vivarelli C, Mattei E, Calcagnini G, Falsaperla R. The WebNIR platform: a web tool for the risk assessment of workers with active implantable medical devices exposed to electromagnetic fields. 2025 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference, Sydney, Australia, 17.–22. elokuuta 2025.

Hakusanat:
verkkoalusta, riskiarviointi, sähkömagneettiset kentät, aktiiviset implantoitavat lääkinnälliset laitteet

Nro 07

Päätoimittajan kommentti: Italialainen tutkija on opinnäytetyössään mallintanut ja analysoinut sähköaseman sähkö- ja magneettikenttiä. Tarkoituksena on ollut löytää kohtia, joissa kentille altistumiset ovat suurimpia. Työssä on käytetty esimerkkinä 380/150 kV:n sähköasemaa, jota on tutkittu tarkemmin. Tutkijan mukaan hänen kehittämäänsä mallia voidaan hyödyntää, kun suunnitellaan sähköasemia.

Analyysi suurjännitteisten sähköasemien sähkö- ja magneettikentistä – mallin kehittäminen turvallisuuden ja määräystenmukaisuuden arviointiin

Tässä opinnäytetyössä kirjoittajan tavoitteena oli analysoida erittäin suurjännitteisten ja suurjännitteisten sähköasemien muodostamia sähkö- ja magneettikenttiä keskittyen tämänhetkisiin kansainvälisiin ja italialaisiin säännöksiin, jotka suojaavat väestöä altistumiselta sähkö- ja magneettikentille.

Opinnäytetyön laatija kehitti MATLAB-ohjelmistolla joustavan ja helppokäyttöisen numeerisen mallin, jonka avulla voidaan mallintaa tarkasti ja tehokkaasti sähköasemien tärkeimmät rakenteet ja kenttien alueellinen jakautuminen. Tuloksena syntyneessä työkalussa voidaan syöttämällä rajallinen määrä tietoa kuvata lähteen geometria kokonaisuudessaan. Kirjoittajan mukaan työkalusta onkin hyötyä niin alustavassa suunnitteluvaiheessa kuin olemassa olevien sähköasemien analyysissä.

Kirjoittajan käyttämä malli perustuu perinteisiin sähkömagneettisia kenttiä kuvaaviin yhtälöihin ja soveltaa itsenäistä lähestymistapaa. Mallin avulla saadut tulokset auttavat tunnistamaan mahdolliset kriittiset vyöhykkeet. Näin voidaan kirjoittajan mielestä parantaa sähkölaitteistojen turvallisuutta lähellä sellaisia alueita, jotka ovat avoimia väestölle tai työntekijöille.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös yksinkertaistettua lähestymistapaa, jonka avulla voidaan nopeasti arvioida minimiturvaetäisyyksiä. Kirjoittaja analysoi kriittisesti tuloksia, jotta hän pystyi tunnistamaan mallien rajoitukset ja potentiaalin sekä arvioimaan niiden käyttöä käytännöllisenä ja määräystenmukaisena vaihtoehtona.

Opinnäytetyössä kirjoittaja esitti myös teoreettisen tapausselostuksen 380/150 kV:n sähköasemasta. Tämän sähköaseman simulaation avulla hän pystyi tarkastelemaan muodostuvia sähkö- ja magneettikenttiä ja vertailemaan ehdottamiaan malleja. Näin saatiin hänen mukaansa sähkö- ja magneettikenttien turvallisuuden kannalta arvokasta tietoa sähköasemien suunnittelun tueksi.

Lähde:
Pito G. Evaluation of Magnetic and Electric Fields in High Voltage Substations - Development of a model for Safety Assessment and regulatory compliance. Rel. Aldo Canova. Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Elettrica, 2025.
http://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/35809

Hakusanat:
suurjännitteiset sähköasemat, määräystenmukaisuus, sähkömagneettiset kentät, mallinnus

Nro 08

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat selvittivät menetelmiä, joilla arvioidaan altistumista induktioliesien aiheuttamille magneettikentille. He käyttivät eri standardeissa esitettyjä menetelmiä altistuksen arvioimiseksi. Sen jälkeen he vertasivat näillä saatuja tuloksia keskenään ja edelleen vertasivat saatuja tuloksia kansainvälisiin ohjearvioihin. Standardeilla saaduissa tuloksissa oli kirjoittajien mukaan eroavaisuuksia.

Analyysi induktioliesille altistumisen arviointimenetelmistä

Kattiloita kuumennettaessa induktioliesiin syötetyt nopeasti muuttuvat sähkövirrat muodostavat nopeasti muuttuvia magneettikenttiä, jotka ovat voimakkaimmillaan keittoastian pohjalla. Kauempanakin olevat hajakentät voivat olla merkittäviä. Kirjoittajien mukaan yleensä kansainvälisissä ICNIRP 1998-, ICNIRP 2010- ja IEEE 2019 -turvallisuusohjeistuksissa määritetyt sähkömagneettisen altistuksen viitetasot ylittyvät, mikä ei tarkoita kuitenkaan perusrajoitusten ylittymistä.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin uusimman sukupolven induktioliesien aiheuttamia altistuksia käyttämällä edistyksellisiä mittalaitteita ja erilaisia menetelmiä, joihin sisältyivät IEC:n kodinkoneita varten kehittämät prosessit (IEC 62233), induktiivisia langattomia tehonsiirtojärjestelmiä varten kehitetty nelitasoinen lähestymistapa (IEC 63184) ja niiden johdannaiset.

Ensin tutkimusryhmä arvioi menetelmät, joilla määritettiin eniten altistusta tuottavat tilanteet. Sen jälkeen he mittasivat ja analysoivat syntyneen magneettikentän 3D-jakauman ja arvioivat kosketusvirrat. Lopuksi he suorittivat numeerisia dosimetrisiä analyyseja anatomisilla malleilla, jotta he saivat määritettyä mitattujen syntyneiden kenttien malleihin muodostamat enimmäiskentät suoraan tai mitatuista kentistä muunnettujen vastaavien käämimallien avulla.

Tutkimustulokset paljastivat merkittäviä, jopa yli 26 dB:n eroja altistuksessa eri liesien välillä suhteessa tehoon, käämin kokoon ja käämin läheisyyteen. Tutkijoiden mielestä olisikin mahdollista suunnitella liesiä, joiden yhteydessä altistuminen olisi vähäisempää eikä keittotehosta tarvitsisi tinkiä.

Tämä tutkimus myös vahvisti aiemmissa tutkimuksissa saatuja tuloksia, joiden mukaan IEC-standardi 62233 saattaisi aliarvioida lieden vieressä seisovan henkilön altistumisen verrattuna siihen, että testit suoritettiin ICNIRP:n ja IEEE:n standardien mukaisten altistumisrajojen perusteella. Näin ollen turvallisuus ei tutkijoiden mielestä olisi taattu. He totesivat kuitenkin kaikkein tarkimman menetelmän eli dosimetrisen analyysin olevan suhteellisen kallis. Siksi tarkasteluun kannattaisi heidän mielestään ottaa vaihtoehtoisia IEC-standardista johdettuja lähestymistapoja, jotka eivät olisi niin kalliita eivätkä liian konservatiivisia.

Lähde:
Xi J, Kühn S, Fortunato C, Ofli E, Kuster N. Evaluation of Exposure Assessment Methods and Procedures for Induction Hobs. Bioelectromagnetics, 2025; 46:e70024. https://doi.org/10.1002/bem.70024.

Hakusanat:
määräystenmukaisuus, kosketusvirrat, altistumisen arviointi, syntyvä kenttä, indusoitu kenttä, induktioliedet

Nro 9

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat selvittivät merikaapelin vaikutusta rantataskurapuihin. Tuloksia arvioidessa on hyvä muistaa, että merikaapelit toimivat tasasähköllä (DC), joka vaikuttaa kenttiin.

Naaraspuoliset rantataskuravut ovat herkempiä merenalaisten voimajohtojen tuottamille sähkömagneettisille kentille

Merituulipuistojen ja uusiutuvan energian tuotantolaitosten rakentaminen merelle lisää merenalaisten voimajohtojen tuottamia ihmisen aiheuttamia sähkömagneettisia kenttiä, jotka voivat olla yli 2 700 µT. Arvo on korkeampi kuin maan magneettikentän voimakkuus, ja se voi vaikuttaa pohjaeläinten käyttäytymiseen. Kymmenjalkaisten äyriäisten sukupuolikohtainen elinympäristön käyttö ja kausittainen vaellus on tutkimusryhmän mukaan dokumentoitu hyvin, mutta niiden yliherkkyyttä sähkömagneettisille kentille ei ole testattu.

Tätä tukimusta varten kerättiin 120 nuorta rantataskurapua Langstonen satamasta Isosta-Britanniasta ja totutettiin sataman olosuhteita jäljitteleviin merivesialtaisiin. Altaat oli jaettu kolmeen eri vyöhykkeeseen, 500, 1 000 ja 3 200 µT, sähkömagneettisen kentän voimakkuuden mukaan. Siellä naaras- ja koirasravut altistettiin yksitellen magneettikentille Helmholtzin kelojen avulla. 10 minuutin kokeiden aikana tutkijat seurasivat, kuinka kauan ja miten pitkän matkan ravut liikkuivat ja kuinka kauan ne viipyivät eri vyöhykkeillä.

Tutkimusryhmän mukaan naarasravut osoittivat voimakasta kiinnostusta kaikkiin sähkömagneettisten kenttien tasoihin: ne viettivät 131 % enemmän aikaa sähkömagneettisille kentille altistetulla vyöhykkeellä kuin vyöhykkeellä, jossa kentän voimakkuus oli heikompi. Myös naarasrapujen liikkumassa matkassa oli eroja. Koiraat eivät puolestaan osoittaneet yhtenäistä mieltymystä alueeseen, eikä niiden aktiivisuudessa ollut eroa kentän suurimmalla voimakkuudella.

Tässä tutkimuksessa saatiin ensimmäiset todisteet äyriäisten sukupuolikohtaisista reaktioista sähkömagneettisiin kenttiin. Erilaiset reaktiot viittasivat tutkijoiden mielestä siihen, että merikaapeleiden tuottamat sähkömagneettiset kentät voisivat häiritä naaraiden lisääntymiskäyttäytymistä, kuten kausittaista vaellusta ja toukkien kuoriutumista. Myös sukupuolijakauma tai kannan tasapaino voisivat muuttua. Lisäksi tutkijat korostivat sukupuolen merkitystä merellä sijaitsevan infrastruktuurin ekologisten riskien arvioinnissa.

Lähde:
James E, Ghodsi M, Ford A T. Female Crabs Are More Sensitive to Environmentally Relevant Electromagnetic Fields from Submarine Power Cables. Environmental Science & Technology Letters 2025, 12, 11, 1487–1494. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.5c00862.

Hakusanat:
sähkömagneettiset kentät, merenalaiset voimajohdot, uusiutuvan energian tuotantolaitokset merellä, käyttäytyminen, äyriäiset, sukupuoli

---

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 kesällä 2026. Arkiston löydät osoitteesta www.leenakorpinen.com.