



Euroopan
komissio

Ohjeellinen opas
hyvistä käytännöistä
direktiivin 2013/35/EU
täytäntöönpanon alalla

Sähkömagneettiset kentät

Osa 1: Käytännön opas

Tämä julkaisu on saanut rahoitustukea työllisyyttä ja sosiaalista innovointia koskevasta EU:n Easi-ohjelmasta (2014–2020).

Lisätietoja seuraavasta osoitteesta: <http://ec.europa.eu/social/easi>

Ohjeellinen opas
hyvistä käytännöistä
direktiivin 2013/35/EU
täytäntöönpanon alalla

Sähkömagneettiset kentät

Osa 1: Käytännön opas

Euroopan komissio
Työllisyys-, sosiaali- ja
osallisuusasioiden pääosasto
Yksikkö B3

Käsikirjoitus on valmistunut marraskuussa 2014.

Euroopan komissio tai kukaan komission puolesta toimiva henkilö ei ole vastuussa siitä, mihin tähän julkaisuun sisältyviä tietoja mahdollisesti käytetään.

Julkaisun sisältämien linkkien toimivuus on tarkistettu käsikirjoitusvaiheessa.

Kansikuva: © corbis

Muiden kuin Euroopan unionin tekijänoikeuksin suojattujen valokuvien käytön tai jäljentämisen osalta lupaa on pyydettävä suoraan tekijänoikeuden haltijalta.

Europe Direct -palvelu auttaa löytämään
vastaukset Euroopan unionia koskeviin kysymyksiin.

Maksuton palvelunumero (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Saat pyytämäsi tiedot maksutta. Myös useimmat puhelut ovat maksuttomia, joskin jotkin operaattorit, puhelinkioskit tai hotellit voivat periä puheluista maksun.

Lisätietoa Euroopan unionista on saatavilla internetissä (<http://europa.eu>).

Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2015

ISBN: 978-92-79-45884-2 (pdf)

doi:10.2767/0929 (pdf)

© Euroopan unioni, 2015

Jäljentäminen on sallittua, kunhan lähde mainitaan.

TIIVISTELMÄ

Käytännön opas on laadittu, jotta työnantajat – erityisesti pk-yrityksissä – saisivat käsityksen siitä, mitä heidän tulee tehdä noudattaakseen sähkömagneettisista kentistä (EMF) annettua EMF-direktiiviä (2013/35/EU). Euroopan unionissa työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden varmistamista koskevista yleisistä järjestelyistä säädetään puitedirektiivissä (89/391/ETY). EMF-direktiivin päätarkoituksena on antaa tarkempia tietoja siitä, miten puitedirektiivin tavoitteet saavutetaan siinä nimennomaisessa tapauksessa, jossa työhön liittyy sähkömagneettisia kenttiä.

Nykyisillä työpaikoilla on lukuisia toimintoja, joista syntyy sähkömagneettisia kenttiä. Tällaisia ovat esimerkiksi sähkölaitteiden ja monien yleisten viestintävälineiden käyttö. Useimmilla työpaikoilla altistuminen on kuitenkin hyvin vähäistä, eikä siitä aiheudu riskejä työntekijöille. Silloinkin, kun synnytettävät kentät ovat voimakkaita, niiden voimakkuus tavallisesti pienenee nopeasti etäisyyden kasvaessa, joten työntekijöille ei aiheudu riskiä, jos heidän ei tarvitse mennä lähelle laitetta. Lisäksi koska useimmat kentät ovat sähköisesti tuotettuja, ne katoavat, kun virta katkaistaan.

Työntekijöihin kohdistuvat riskit voivat aiheutua joko kentän suorista vaikutuksista ihmiskeholle tai kentän epäsuorista vaikutuksista, jotka johtuvat kentässä olevista kohteista. Suorat vaikutukset voivat olla lämpövaikutuksia tai muita kuin lämpövaikutuksia. Jotkut työntekijät saattavat olla erityisen alttiita sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Riskeille alttiita ovat muun muassa sellaiset työntekijät, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite tai passiivinen lääkinnällinen laite, työntekijät, joilla on keholla mukana kannettava lääkinnällinen laite, ja työntekijät, jotka ovat raskaana.

Jotta työnantajien olisi helpompi suorittaa työpaikallaan alustava arviointi, oppaassa esitetään taulukko tavallisista työtilanteista. Kolmesta sarakkeesta ilmenevät ne tilanteet, jotka edellyttävät erityisarviointia niiden työntekijöiden osalta, joilla on aktiivisia implantteja, muiden riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden osalta ja kaikkien työntekijöiden osalta. Tämän taulukon avulla useimpien työnantajien tulisi pystyä varmistamaan, että sähkömagneettisista kentistä ei aiheudu heidän työpaikoillaan riskejä.

Silloinkin, kun työntekijällä on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite, tavallisesti riittää sen varmistaminen, että työntekijä noudattaa hoitohenkilökunnan hänelle antamia ohjeita. Oppaassa on liite, jonka avulla työnantajat voivat tarvittaessa arvioida riskeille erityisen alttiisiin työntekijöihin kohdistuvaa riskiä.

Taulukon viimeisestä sarakkeesta ilmenevät ne työtilanteet, joissa voidaan olettaa syntyvän voimakkaita kenttiä. Näissä tilanteissa työnantajien on yleensä tarpeen noudattaa muita tilanteita yksityiskohtaisempaa arviointimenettelyä. Kentistä aiheutuu useimmiten riski ainoastaan niille työntekijöille, jotka ovat riskeille erityisen alttiita, mutta joissain tapauksissa sähkömagneettisten kenttien suorista taikka epäsuorista vaikutuksista voi aiheutua riskejä kaikille työntekijöille. Tällaisissa tapauksissa työnantajan on harkittava suojaavien tai ehkäisevien lisätoimenpiteiden toteuttamista.

Käytännön oppaassa annetaan neuvoja siitä, miten riskien arviointi tulee suorittaa. Arvioinnin on oltava yhdenmukainen monien muiden yleisesti käytössä olevien riskinarviointimenettelyjen, muun muassa Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston vuorovaikutteisen riskinarvioinnin verkkotyökalun (Online Interactive Risk Assessment – OiRA), kanssa.

Riskejä arvioidessaan työnantajien on toisinaan verrattava työpaikalla olevien kenttien tietoja EMF-direktiivissä määritettyihin toimenpidetasoihin ja altistumisen raja-arvoihin. Mikäli työpaikalla olevat kentät ovat heikkoja, tällaisia vertailuja ei tavallisesti tarvita, ja oppaassa neuvotaan työnantaja käyttämään tällöin hyväkseen yleistietoja, kuten edellä mainittuja taulukoita.

Jos vertailut toimenpidetasoihin tai altistumisen raja-arvoihin ovat tarpeen, työnantajia kehoitetaan käyttämään valmistajilta tai tietokannoista saatavilla olevia tietoja ja, mikäli mahdollista, välttämään arviointien suorittamista itse. Niille työnantajille, joiden täytyy suorittaa arvioinnit itse, oppaassa annetaan neuvoja menetelmistä ja ohjeita erityisistä kysymyksistä, kuten siitä, miten epäyhtenäisten kenttien kanssa menetellään, monitaajuussummauksesta ja painotetun huippuarvon menetelmän soveltamisesta.

Niille työnantajille, joiden on toteutettava suojaavia tai ehkäiseviä lisätoimenpiteitä, oppaassa annetaan lisätietoja mahdollisista toimintavaihtoehdoista. On tärkeää korostaa, että kaikille sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille ei ole olemassa mitään yhtä ratkaisua, joten työnantajien on otettava huomioon kaikki mahdolliset toimintavaihtoehdot voidakseen valita sen vaihtoehdon, joka soveltuu kaikkein parhaiten heidän tilanteeseensa.

Jo jonkin aikaa on ollut tiedossa, että magneettiresonanssikuvauksen käyttäminen terveydenhuollossa altistaa työntekijät sellaisille sähkömagneettisille kentille, että EMF-direktiivissä määritetyt altistumisen raja-arvot ylittyvät. Magneettiresonanssikuvauksen on lääketieteessä tärkeä tekniikka sairauksien diagnosoinnissa ja hoidossa. Siksi EMF-direktiivissä myönnetään ehdollinen poikkeus altistumisen raja-arvojen noudattamista koskevasta vaatimuksesta. Oppaan liitteessä, jota laadittaessa on kuultu asianomaisia sidosryhmiä, annetaan käytännön ohjeita työnantajille siitä, miten poikkeukselle asetetut edellytykset täytetään.

Oppaan osassa 2 esitetään kaksitoista tapaustutkimusta, jotka antavat työnantajille käsityksen siitä, miten arvioinnit kannattaa toteuttaa, ja havainnollistavat muutamia valittavissa ja toteutettavissa olevia ehkäiseviä ja suojaavia toimenpiteitä. Tapaustutkimukset esitetään työpaikkoja yksilöimättä, mutta tapaukset on poimittu todellisista työtilanteista. Monet tapaustutkimuksissa arvioidut tilanteet synnyttävät voimakkaita kenttiä. Joissain tapauksissa riski aiheutui ainoastaan niille työntekijöille, jotka olivat riskeille erityisen alttiita, ja heiltä voitiin evätä pääsy alueelle, jolla kenttä oli voimakas. Toisissa tapauksissa taas potentiaalisia riskejä aiheutui kaikille työntekijöille, mutta heidän ei tarvinnut oleskella alueella silloin, kun voimakas kenttä synnytettiin.

Magneettiresonanssikuvauksen (ks. edellä) lisäksi tunnistettiin kaksi muuta tilannetta, joissa normaali toiminta voi johtaa altistumisen raja-arvot ylittäviin työntekijöiden altistumisiin.

Yleisin tilanne koskee vastushitsausta. Tämä prosessi perustuu hyvin vahvoihin virtoihin ja synnyttää usein magneettivuon tiheyksiä, jotka miltei saavuttavat EMF-direktiivissä määritetyt toimenpidetasot tai ylittävät ne. Käsinhitsauksessa laitteen käyttäjä on väistämättä lähellä kentän lähdeä. Tapaustutkimuksissa ja muualla tarkastelluissa tilanteissa matalat toimenpidetasot ylittyivät toisinaan tilapäisesti. Missään näistä tapauksista korkeaa toimenpidetasoa ei kuitenkaan ylitetty, tai mallinnuksella osoitettiin, että altistumisen raja-arvoja ei ylitetty. Useimmissa tapauksissa riskejä voidaan siis hallita yksinkertaisilla toimenpiteillä, kuten antamalla työntekijöille tietoja ja koulutusta, jotta he ymmärtävät riskit ja tietävät, miten altistumiset minimoidaan käyttämällä laitetta asianmukaisesti. On kuitenkin mahdollista, että pienessä osassa käsivaraisista vastushitsaustöistä aiheutuu altistumisia, jotka ylittävät EMF-direktiivissä määritellyt altistumisen raja-arvot. Niiden alojen edustajat, joilla näitä tekniikoita käytetään, joutuvat todennäköisesti anomaan jäsenvaltioiden hallituksilta poikkeuslupaa kyseisten laitteiden käytön tilapäiseen jatkamiseen varatakseen aikaa työskentelylaitteiden vaihtamiseen.

Toinen suurta altistumista aiheuttava tilanne koskee lääketieteen alalla käytettävää transkraniaalista magneettistimulaatiota. Tätä menetelmää ei käytetä yhtä paljon kuin magneettiresonanssikuvauksia, mutta se on siitä huolimatta tärkeä ja yleisesti käytetty tekniikka sekä sairauksien hoidossa että diagnosoinnissa. Hoidon ajaksi asetin tuetaan yleensä potilaan pään päälle tarkoitukseen soveltuvalla telineellä. Koska hoitohenkilön ei tarvitse olla lähellä silloin, kun laitetta käytetään, työntekijöiden altistumista pitäisi olla yksinkertaista rajoittaa. Sitä vastoin diagnostisissa sovelluksissa asetinta liikutetaan tällä hetkellä käsin, mikä väistämättä johtaa työntekijöiden suuriin altistumisiin. Liikuttamiseen soveltuvien etälaitteiden kehittämisen myötä voitaisiin vähentää työntekijöiden altistumisia.

Opas koostuu moduuleista, joiden tarkoituksena on helpottaa työnantajien tutustumista oppaaseen, sillä useimpien työnantajien tarvitsee perehtyä ainoastaan oppaan ensimmäiseen jaksoon. Joidenkin työnantajien on otettava huomioon työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, ja näiden työnantajien tulee perehtyä myös oppaan toiseen jaksoon. Työnantajien, joiden työpaikoilla on voimakkaita kenttiä, on edellisten jaksojen lisäksi perehdyttävä oppaan kolmanteen jaksoon, ja työnantajien, joiden työpaikoilla on riskejä aiheuttavia kenttiä, on tutustuttava myös oppaan viimeiseen jaksoon. Oppaassa painotetaan kaiken aikaa yksinkertaisia menetelmiä – niin arvioinneissa kuin ehkäisevissä ja suojaavissa toimenpiteissä.

SISÄLLYSLUETTELO

JAKSO 1 – KAIKKI TYÖNANTAJAT

1	JOHDANTO JA OPPAAN TARKOITUS.....	12
1.1	Miten opasta käytetään?	13
1.2	EMF-direktiivin esittely.....	15
1.3	Oppaan soveltamisala.....	15
1.4	Vastaavuus direktiivin 2013/35/EU kanssa.....	16
1.5	Kansalliset säännökset ja lisätiedon lähteet.....	17
2	SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN TERVEYSVAIKUTUKSET JA TURVALLISUUSRISKIT	18
2.1	Suorat vaikutukset.....	18
2.2	Pitkäaikaiset vaikutukset.....	18
2.3	Epäsuorat vaikutukset.....	19
3	SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN LÄHTEITÄ.....	20
3.1	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.....	21
3.1.1	Työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita.....	22
3.1.2	Muita työntekijöitä, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.....	22
3.2	Yleisiä työtehtäviä, työvälineitä ja työpaikkoja koskevat arviointivaatimukset.....	23
3.2.1	Työtehtävät, työvälineet ja työpaikat, jotka todennäköisesti edellyttävät erityistä arviointia.....	27
3.3	Työtehtävät, työvälineet ja työpaikat, joita ei ole lueteltu tässä luvussa.....	28

JAKSO 2 – LISÄTOIMISTA PÄÄTTÄMINEN

4	EMF-DIREKTIIVIN RAKENNE	30
4.1	3 artikla – Altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot.....	32
4.2	4 artikla – Riskien arviointi ja altistumisen määrittely.....	32
4.3	5 artikla – Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset.....	33
4.4	6 artikla – Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus.....	33
4.5	7 artikla – Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen.....	33
4.6	8 artikla – Terveystilan seuranta.....	34
4.7	10 artikla – Poikkeukset.....	34
4.8	Yhteenveto	34
5	RISKIEN ARVIOINTI EMF-DIREKTIIVISSÄ.....	35
5.1	Vuorovaikutteinen riskinarvioinnin verkkoympäristö (OIRA).....	36
5.2	Vaihe 1 – Valmistelu.....	36
5.3	Vaihe 2 – Vaarojen ja riskialttiiden henkilöiden yksilöinti	37
5.3.1	Vaarojen yksilöinti.....	37
5.3.2	Olemassa olevien ehkäisevien ja varotoimenpiteiden yksilöinti.....	38
5.3.3	Riskialttiiden henkilöiden yksilöinti.....	38
5.3.4	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.....	38
5.4	Vaihe 3 – Riskien arviointi ja tärkeysjärjestykseen asettaminen.....	39
5.4.1	Riskin arviointi.....	39
5.4.1.1	Suorat vaikutukset.....	40
5.4.1.2	Epäsuorat vaikutukset.....	40
5.4.1.3	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.....	41
5.5	Vaihe 4 – Ehkäisevistä toimenpiteistä päättäminen.....	41

5.6	Vaihe 5 – Toimenpiteisiin ryhtyminen.....	42
5.7	Riskinarvioinnin dokumentointi.....	42
5.8	Riskinarvioinnin seuranta ja uudelleentarkastelu	42

JAKSO 3 – VAATIMUSTENMUKAISUUDEN ARVIOINNIT

6	ALTISTUMISEN RAJA-ARVOJEN JA TOIMENPIDETASOJEN SOVELTAMINEN.....	44
6.1	Suorien vaikutusten toimenpidetasot.....	46
6.1.1	Sähkökenttien toimenpidetasot (1 Hz–10 MHz).....	48
6.1.2	Magneetikenttien toimenpidetasot (1 Hz–10 MHz)	49
6.1.3	Sähkö- ja magneetikenttien toimenpidetasot (100 kHz–300 GHz).....	50
6.1.4	Indusoituneiden raajassa kulkevien virtojen toimenpidetasot (10–110 MHz).....	50
6.2	Epäsuorien vaikutusten toimenpidetasot.....	50
6.2.1	Staattisten magneetikenttien toimenpidetasot.....	50
6.2.2	Kosketusvirtojen toimenpidetasot (enintään 110 MHz).....	50
6.3	Altistumisen raja-arvot	51
6.3.1	Aistimus- ja terveysvaikutusraja-arvot.....	51
6.3.2	Altistumisen raja-arvot (0–1 Hz).....	52
6.3.3	Altistumisen raja-arvot (1 Hz–10 MHz).....	52
6.3.4	Altistumisen raja-arvot (100 kHz–300 GHz).....	53
6.4	Poikkeukset.....	53
6.4.1	Magneettiresonanssikuvausta koskeva poikkeus.....	54
6.4.2	Sotilaallista toimintaa koskeva poikkeus.....	55
6.4.3	Yleinen poikkeus	55
7	TIETOKANTOJEN JA VALMISTAJAN PÄÄSTÖTIETOJEN KÄYTTÖ.....	56
7.1	Valmistajien toimittamien tietojen käyttö.....	56
7.1.1	Valmistajan arvioinnin perusteet	57
7.2	Arviointitietokannat.....	58
7.3	Valmistajien toimittamat tiedot.....	58
7.3.1	Arviointistandardit.....	58
7.3.2	Jos sovellettavaa standardia ei ole olemassa.....	59
8	ALTISTUMISEN LASKEMINEN TAI MITTAAMINEN.....	61
8.1	EMF-direktiivin vaatimukset.....	61
8.2	Työpaikkojen arvioinnit.....	61
8.3	Erityistapaukset.....	62
8.4	Mistä etsiä lisäosaamista.....	62

JAKSO 4 – TARVITAANKO LISÄTOIMENPITEITÄ?

9	SUOJAAVAT JA EHKÄISEVÄT TOIMENPITEET.....	66
9.1	Ehkäiseviä toimenpiteitä koskevat periaatteet.....	66
9.2	Vaaran poistaminen.....	67
9.3	Prosessien tai laitteiden korvaaminen vähemmän vaarallisilla prosesseilla tai laitteilla.....	67
9.4	Tekniset toimenpiteet.....	68
9.4.1	Kotelointi.....	68
9.4.2	Suojukset.....	69
9.4.3	Toimintaankytkentälaitteet.....	70
9.4.4	Herkät suojalaitteet	71
9.4.5	Kaksin käsin käytettävät hallintalaitteet.....	71
9.4.6	Hätäpysäyttimet.....	72
9.4.7	Tekniset toimenpiteet kipinäpurkausten estämiseksi.....	72
9.4.8	Tekniset toimenpiteet kosketusvirtojen estämiseksi.....	73

9.5	Organisatoriset toimenpiteet.....	73
9.5.1	Alueiden rajaaminen ja pääsyräjoitukset.....	73
9.5.2	Turvallisuusmerkit ja -kyltit.....	75
9.5.3	Kirjalliset menettelyt.....	77
9.5.4	Työpaikan turvallisuustiedotus.....	77
9.5.5	Valvonta ja hallinta.....	78
9.5.6	Ohjeistus ja koulutus.....	78
9.5.7	Työpaikkojen ja työpisteiden suunnittelu.....	79
9.5.8	Hyvien työtapojen omaksuminen.....	80
9.5.9	Ennaltaehkäisevät huolto-ohjelmat.....	82
9.5.10	Liikkumisen rajoittaminen staattisissa magneettikentissä.....	82
9.5.11	Työnantajien välinen koordinointi ja yhteistyö.....	82
9.6	Henkilönsuojaimet.....	83
10	HÄTÄVALMIUS.....	84
10.1	Suunnitelmien laadinta.....	84
10.2	Vaaratapahtumiin reagoiminen.....	84
11	RISKIT, OIREET JA TERVEYDENTILAN SEURANTA.....	86
11.1	Riskit ja oireet.....	86
11.1.1	Staattiset magneettikentät (0–1 Hz).....	86
11.1.2	Pientaajuusiset magneettikentät (1 Hz–10 MHz).....	87
11.1.3	Pientaajuusiset sähkökentät (1 Hz–10 MHz).....	87
11.1.4	Suurtaajuuskentät (100 kHz–300 GHz).....	87
11.2	Terveydentilan seuranta.....	89
11.3	Lääkärintarkastus.....	89
11.4	Terveystiedot.....	90

JAKSO 5 – VIITEAINEISTO

Liite A	Sähkömagneettisten kenttien luonne.....	92
Liite B	Sähkömagneettisten kenttien terveysvaikutukset.....	96
Liite C	Sähkömagneettisten kenttien suureet ja yksiköt.....	101
Liite D	Altistumisen arviointi.....	108
Liite E	Epäsuorat vaikutukset ja riskeille erityisen alttiit työntekijät.....	153
Liite F	Magneettiresonanssikuvausta koskevat ohjeet.....	160
Liite G	Muiden eurooppalaisten säädösten vaatimukset.....	170
Liite H	Eurooppalaiset ja kansainväliset standardit.....	176
Liite I	Resurssit.....	178
Liite J	Sanasto ja lyhenteet.....	182
Liite K	Kirjallisuusluettelo.....	186
Liite L	Direktiivi 2013/35/EU (EMF-direktiivi).....	188

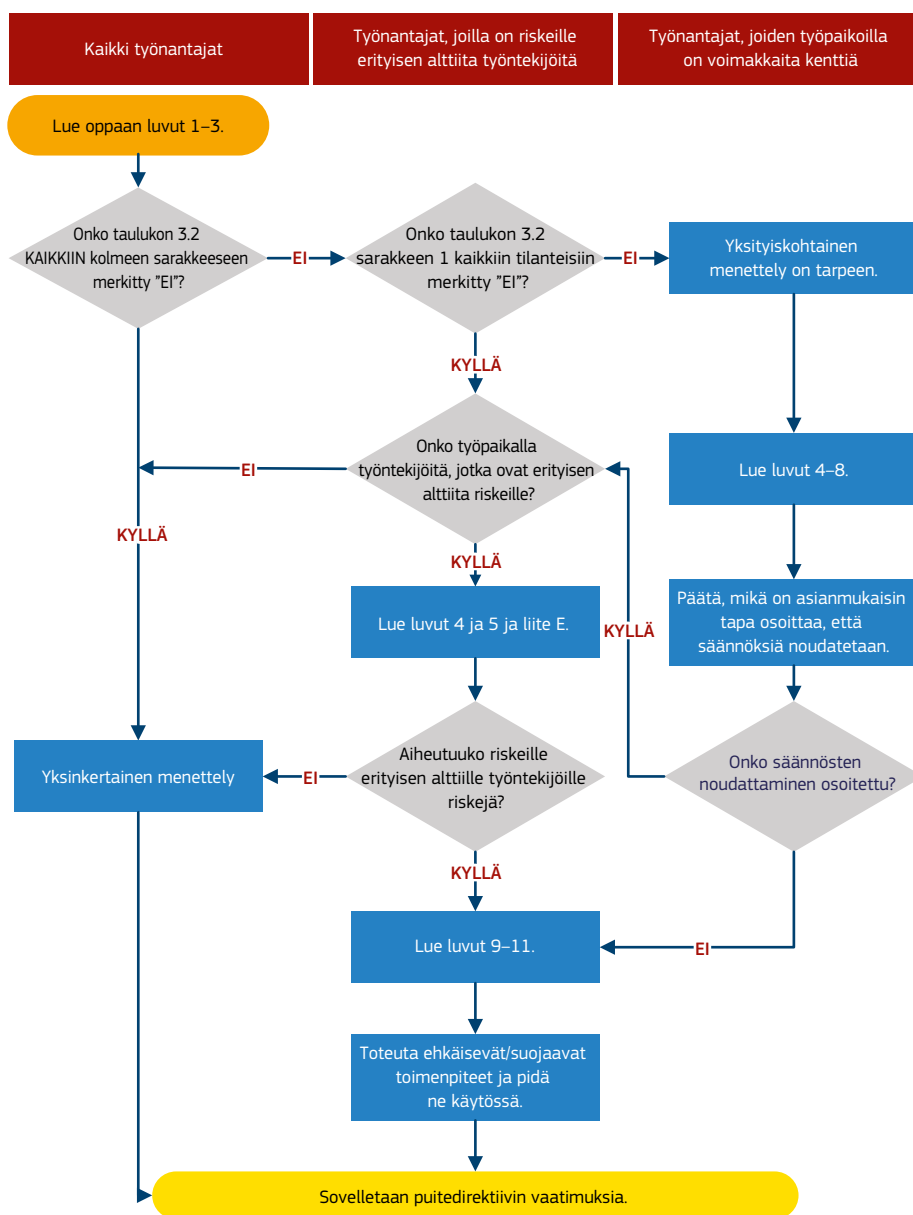
Jakso 1

KAIKKI TYÖNANTAJAT

1 JOHDANTO JA OPPAAN TARKOITUS

Sähkömagneettisista kentistä (EMF) annetussa EMF-direktiivissä (direktiivi 2013/35/EU) tarkoitettuja sähkömagneettisia kenttiä on nyky maailmassa väistämättä olemassa, sillä niitä syntyy aina, kun sähköä käytetään. Useimmilla työpaikoilla sähkömagneettiset kentät ovat niin heikkoja, ettei niillä ole haitallisia vaikutuksia. Joillakin työpaikoilla ne saattavat kuitenkin aiheuttaa riskin, ja EMF-direktiivi on annettu työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi tällaisissa tilanteissa. Työnantajien vaikeimpia haasteita onkin niiden tilanteiden tunnistaminen, joissa erityisiä toimia tarvitaan.

Kuva 1.1 Yleiskatsaus oppaan käytöstä



1.1 Miten opasta käytetään?

Tämä opas on tarkoitettu ensisijaisesti työnantajille ja erityisesti pk-yrityksille. Siitä saattaa kuitenkin olla hyötyä myös työntekijöille, työntekijöiden edustajille ja jäsenvaltioiden sääntelyviranomaisille.

Oppaassa annetaan ohjeita sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien alustavaan arvioimiseen työpaikalla. Se myös auttaa päättämään arvioinnin pohjalta, edellyttääkö EMF-direktiivi joitakin jatkotoimia. Jos jatkotoimet ovat tarpeen, oppaasta löytyy käytännön tietoja toteutettavissa olevista toimenpiteistä.

Tämän oppaan on tarkoitus antaa tietoa siitä, mitä vaikutuksia EMF-direktiivillä saattaa olla työtehtäviin. Opas ei ole oikeudellisesti sitova eikä siinä tulkita mitään oikeudellisia vaatimuksia, joita on mahdollisesti noudatettava. Siksi sitä olisikin luettava yhdessä EMF-direktiivin (ks. liite L), puitedirektiivin (89/391/ETY) ja asiaa koskevan kansallisen lainsäädännön kanssa.

EMF-direktiivissä säädetään turvallisuutta koskevat vähimmäisvaatimukset työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Silti vain harvat työnantajat joutuvat laskemaan tai mittaamaan sähkömagneettisten kenttien tasot työpaikallaan. Useimmiten työ on luonteeltaan sellaista, että riskit ovat vähäiset, ja tämä voidaan osoittaa melko helposti. Oppaan rakenne on sellainen, että työnantajat, joiden työpaikoilla säännöksiä jo noudatetaan, voivat todeta tämän nopeasti ilman, että heidän tarvitsee lukea opasta kokonaan.

Oppaan käyttöä havainnollistetaan kuvan 1.1 vuokaaviossa. Opas jakautuu luontevasti neljään jaksoon.

1. Ensimmäinen jakso (luvut 1–3) on suunnattu kaikille lukijoille, ja siihen kuuluu yleinen johdanto, ohjeita siitä, miten tätä opasta käytetään, yleiskuvaus sähkömagneettisten kenttien tärkeimmistä turvallisuus- ja terveysvaikutuksista ja selostus näiden kenttien lähteistä. Mikä tärkeää, lukuun 3 sisältyy luettelo yleisistä laitteista, toimista ja tilanteista, joiden kohdalla sähkömagneettisten kenttien odotetaan olevan niin heikkoja, ettei työnantajien tarvitse toteuttaa mitään jatkotoimia. Useimpien työnantajien pitäisi voida tämän taulukon perusteella päätellä, että he jo täyttävät omat velvoitteensa – mikäli he jo entuudestaan täyttävät puitedirektiivin vaatimukset. Tällöin oppaan tarkoitus on näiden työnantajien kohdalla toteutunut, eikä heidän tarvitse ryhtyä mihinkään lisätoimiin.
2. Toinen jakso (luvut 4 ja 5) on suunnattu niille työnantajille, jotka eivät ole pystyneet varmistumaan lisätoimien tarpeettomuudesta. Tällaisten työnantajien on saatava enemmän tietoa EMF-direktiivin vaatimuksista ja toteutettava erityinen sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien arviointi. Joidenkin työnantajien kohdalla tämä johtuu siitä, että heillä on työntekijöitä, jotka ovat erityisen alttiita sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Arvioinnin lopputuloksen mukaan nämä työnantajat voivat siirtyä suoraan lukemaan oppaan neljättä jaksoa. Toisilla työpaikoilla sähkömagneettiset kentät voivat taas olla niin voimakkaita, että niistä aiheutuu riskejä kaikille työntekijöille. Näiden työnantajien on otettava huomioon myös oppaan kolmas jakso.
3. Kolmas jakso (luvut 6–8) on suunnattu työnantajille, joiden on selvitetävä, ylittyvätkö toimenpidetasot – ja tietyissä tapauksissa altistumisen raja-arvot – heidän työpaikallaan. Usein voidaan osoittaa, että arvot eivät ylity ja olemassa olevat työkäytännöt ovat hyväksyttäviä. Näiden työnantajien on silti toteutettava yksityiskohtainen riskien arviointi ja arvioitava altistumisia tarkkaan. Monille työnantajille riittää, että he lukevat opasta lukuun 7 saakka, mutta joillekin työnantajille voi olla hyödyllistä lukea myös luku 8.
4. Neljäs jakso (luvut 9–11) on suunnattu pienelle joukolle työnantajia, jotka havaitsevat altistumisen raja-arvot ylittäviä altistumisia tai muita riskejä, joita on tarvetta pienentää. Näiden työnantajien on toteutettava muutoksia suojellakseen työntekijöitään. Näiden työnantajien tulee jo entuudestaan tuntea myös oppaan aiemmat luvut.

Tämän oppaan tarkoituksena on johdattaa lukija loogisten etenemisvaiheiden kautta arvioimaan riskiä, joka aiheutuu työntekijöiden altistumisesta sähkömagneettisille kentille.

Taulukko 1.1 Sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien arvioinnin eteneminen tätä opasta käyttämällä

Jos kaikki sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit ovat työpaikalla vähäisiä, mitään jatkotoimia ei tarvita.
Työnantajien on vain kirjattava, että he ovat tarkastaneet työpaikan ja päätyneet tähän tulokseen.

Jos sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit eivät ole vähäisiä tai niitä ei tiedetä, työnantajien olisi arvioitava riskit ja tarvittaessa toteutettava asianmukaiset varotoimet.

Luvussa 4 määritellään EMF-direktiivin vaatimukset, kun taas luvussa 5 selostetaan sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ehdotettu menetelmä. On mahdollista, että arvioinnin tuloksena todetaan, ettei mitään merkittävää riskiä ole. Siinä tapauksessa riittää, että arviointi kirjataan, ja menettely päättyy siihen.

Luvussa 6 selitetään, miten altistumisen raja-arvoja ja toimenpidetasoja sovelletaan. Lisäksi luvussa käsitellään poikkeuksia.

Työnantajat saattavat tarvita tietoa sähkömagneettisen kentän tasosta joko yleisesti riskinarvioinnin tueksi tai erityisesti toimenpidetasojen ja altistumisen raja-arvojen noudattamisen arvioimiseksi. Tietoja voi saada tietokannoista tai valmistajilta (luku 7), tai työnantaja saattaa joutua tekemään laskelmia tai mittauksia (luku 8).

Luvussa 9 esitetään ehkäisevät ja suojaavat toimenpiteet, joita toteutetaan silloin, kun riskiä on tarpeen pienentää.

Luvussa 10 annetaan hätävalmiutta koskevia ohjeita, ja luvussa 11 taas annetaan riskeihin, oireisiin ja terveydentilan seurantaan liittyviä neuvoja.

Oppaan luvut on pyritty pitämään mahdollisimman lyhyinä niitä käyttävien työnantajien työtaakan minimoimiseksi. Oppaan liitteissä annetaan lisätietoja työnantajille ja muille henkilöille, jotka saattavat osallistua riskien arviointiin (taulukko 1.2):

Taulukko 1.2 Oppaan liitteet

A – Sähkömagneettisen kentän ominaispiirteet

B – Sähkömagneettisen kentän terveysvaikutukset

C – Sähkömagneettisia kenttiä koskevat suureet ja yksiköt

D – Altistumisen arviointi

E – Epäsuorat vaikutukset ja riskeille erityisen alttiit työntekijät

F – Magneettiresonanssikuvausta koskevat ohjeet

G – Muiden eurooppalaisten säädösten vaatimukset

H – Eurooppalaiset ja kansainväliset standardit

I – Resurssit

J – Sanasto, lyhenteet ja vuokaavioiden symbolit

K – Kirjallisuusluettelo

L – Direktiivi 2013/35/EU (EMF-direktiivi)

1.2 EMF-direktiivin esittely

Kaikilla työnantajilla on velvollisuus arvioida riskit, jotka niiden teettämästä työstä aiheutuvat, ja toteuttaa suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä tunnistamiensa riskien vähentämiseksi. Nämä velvollisuudet on säädetty puitedirektiivissä. EMF-direktiivillä on tarkoitus auttaa työnantajia täyttämään puitedirektiivissä asetetut yleiset vaatimukset työpaikan sähkömagneettisten kenttien osalta. Koska työnantajien on jo täytynyt täyttää puitedirektiivissä asetetut vaatimukset, useimmat täyttävät jo kaikki EMF-direktiivin vaatimukset eikä heidän tarvitse tehdä enää mitään muuta.

Sähkömagneettisilla kentillä tarkoitetaan EMF-direktiivissä staattisia sähkökenttiä, staattisia magneettikenttiä ja ajallisesti vaihtelevia sähkökenttiä, magneettikenttiä ja sähkömagneettisia kenttiä, joiden taajuus on enintään 300 GHz. Tätä terminologiaa käytetään oppaassa vain silloin, kun siitä on selkeää hyötyä.

Sähkömagneettisia kenttiä syntyy monenlaisista lähteistä, joiden kanssa työntekijät voivat joutua tekemisiin työpaikallaan. Niitä tuotetaan ja käytetään töissä erilaisilla aloilla, kuten valmistusprosesseissa, tutkimuksessa, viestinnässä, lääketieteellisissä sovelluksissa, sähkövoiman tuotannossa, siirrossa ja jakelussa, yleislähetystoiminnassa, lentosuunnistuksessa ja merenkulussa sekä turvallisuusalalla. Sähkömagneettiset kentät voivat olla myös satunnaisia, kuten kentät, joita muodostuu rakennuksissa sähkökaapelien läheisyydessä tai sähkölaitteiden ja -koneiden käytön tuloksena. Koska useimmat kentät ovat sähköisesti tuotettuja, ne katoavat, kun virta katkaistaan.

EMF-direktiivi koskee niitä suoria ja epäsuoria vaikutuksia, joita sähkömagneettisten kenttien tiedetään aiheuttavan. Siinä ei käsitellä kentistä mahdollisesti aiheutuvia pitkäaikaisia terveysvaikutuksia (ks. jakso 2.2). Suorat vaikutukset jaetaan muihin kuin lämpövaikutuksiin, joita ovat muiden muassa hermojen, lihasten ja aistielinten stimulaatio, ja lämpövaikutuksiin, kuten kudosten lämpenemiseen (ks. jakso 2.1). Epäsuoria vaikutuksia aiheutuu, kun sähkömagneettisessa kentässä olevasta kohteesta voi tulla turvallisuus- tai terveysvaara (ks. jakso 2.3).

1.3 Oppaan soveltamisala

Tässä oppaassa on tarkoitus antaa käytännön neuvoja, jotka auttavat työnantajia täyttämään EMF-direktiivin vaatimukset. Opas on suunnattu kaikille yrityksille, joissa työntekijät voivat joutua tekemisiin sähkömagneettisten kenttien kanssa. Vaikka EMF-direktiivin ulkopuolelle ei ole jätetty mitään tiettyä työn tai tekniikan lajia, monilla työpaikoilla kentät ovat niin heikkoja, ettei mitään riskiä ole. Oppaassa esitetään luettelo yleisistä työtehtävistä, työvälineistä ja työpaikoista, joiden kohdalla kenttien odotetaan olevan niin heikkoja, ettei työnantajien tarvitse toteuttaa mitään jatkotoimia. Oppaassa ei oteta huomioon sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen liittyviä kysymyksiä, sillä niitä käsitellään muualla.

EMF-direktiivin mukaan työnantajien on otettava huomioon työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, mukaan lukien työntekijät, joilla on aktiivinen tai passiivinen implantoitu lääkinnällinen laite, kuten sydämentahdistin, työntekijät, joilla on keholla mukana kannettava lääkinnällinen laite, kuten insuliinipumppu, ja raskaana olevat työntekijät. Tässä oppaassa annetaan ohjeita kyseisiin tilanteisiin.

Sellaiset mahdolliset altistumisskenaariot, jotka ovat hyvin tarkoin määriteltäviä tai erittäin monimutkaisia, eivät kuulu tämän oppaan soveltamisalaan. Joillakin toimialoilla, joilla on erityisiä altistumisskenaarioita, on laadittu omia EMF-direktiiviin liittyviä ohjeita, joihin on tarvittaessa syytä tutustua (ks. liite I). Työnantajien, joiden alaan liittyy monimutkaisia altistumisskenaarioita, olisi haettava lisätietoja arvioinnista (ks. luku 8 ja liite I).

1.4 Vastaavuus direktiivin 2013/35/EU kanssa

Tämä opas on laadittu EMF-direktiivin 14 artiklan noudattamiseksi. Taulukossa 1.3 esitetään, missä tämän oppaan luvuissa käsitellään mitään EMF-direktiivin artiklaa.

Taulukko 1.3 EMF-direktiivin artikloiden ja tämän oppaan jaksojen vastaavuus

Artiklat ja ohjeet	Oppaan jakso
2 artikla: Määritelmät	
Taustatiedot	Liitteet A ja B
EMF-direktiivissä käytetyt suureet ja yksiköt	Liite C
Termit ja lyhenteet	Liite J
3 artikla: Altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot	
Altistumisen rajoittaminen	Jakso 6.3
Toimenpidetasojen soveltaminen	Jaksot 6.1 ja 6.2
Vaadittavat toimenpiteet	Jaksot 9.4 ja 9.5
4 artikla: Riskien arviointi ja altistumisen määrittely	
Riskien arviointi	Luku 5
Epäsuorat vaikutukset ja riskeille erityisen alttiit työntekijät	Jaksot 5.3 ja 5.4 ja liite E
Altistumisen arviointi saatavilla olevien tietojen pohjalta	Luku 7
Altistumisen arviointi mittaamalla tai laskemalla	Luku 8 ja liite D
5 artikla: Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset	
Ehkäisyperiaatteet	Jakso 9.1
Tekniset toimenpiteet	Jakso 9.4
Hallinnolliset toimenpiteet	Jakso 9.5
Henkilönsuojaimet	Jakso 9.6
6 artikla: Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus	
Työntekijöille annettavat tiedot	Jakso 9.5 ja liite E
Työntekijöille annettava koulutus	Jakso 9.5 ja liitteet A ja B
7 artikla: Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen	
Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen	Luku 4
8 artikla: Terveystilan seuranta	
Oireet	Jakso 11.1
Terveystilan seuranta	Jakso 11.2
Lääkärintarkastus	Jakso 11.3
10 artikla: Poikkeukset	
Poikkeukset	Jakso 6.4 ja liite F

1.5 Kansalliset säännökset ja lisätiedon lähteet

Tämän oppaan soveltaminen ei välttämättä takaa kaikkien niiden vaatimusten täyttymistä, joita EU:n eri jäsenvaltioissa on annettu työntekijöiden suojaamiseksi sähkömagneettisilta kentiltä. Oikeussäännöt, joilla jäsenvaltiot ovat saattaneet EMF-direktiivin osaksi kansallista lainsäädäntöä, ovat aina etusijalla. Ne voivat olla tiukempia kuin EMF-direktiivin vähimmäisvaatimukset, joihin tämä opas perustuu. Tarkempia tietoja voi pyytää liitteessä I mainituilta kansallisilta sääntelyviranomaisilta.

Valmistajat voivat helpottaa EMF-direktiivin vaatimusten täyttymistä minimoimalla sähkömagneettiset kentät jo suunnitteluvaiheessa. Valmistajat voivat myös tarjota tietoa kentistä ja riskeistä, joita laitteiden tavanomaiseen käyttöön liittyy. Valmistajan tietojen käyttöä käsitellään tarkemmin luvussa 7.

Lisätiedon lähteet mainitaan tämän oppaan liitteissä. Erityisesti mainittakoon liite I, jossa annetaan tietoja kansallisista organisaatioista ja toimialajärjestöistä, ja liite J, joka sisältää sanaston, lyhenneluettelon ja selitykset tämän oppaan vuokaavioissa käytetyille symboleille. Liitteessä K on luettelo hyödyllisistä julkaisuista.

2 SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN TERVEYSVAIKUTUKSET JA TURVALLISUUSRISKIT

Sähkömagneettisten kenttien vaikutus ihmisiin riippuu ensisijaisesti taajuudesta ja voimakkuudesta. Muillakin tekijöillä, kuten aallon muodolla, saattaa olla merkitystä joissakin tilanteissa. Jotkin kentät aiheuttavat aistielinten, hermojen ja lihasten stimulaatiota, kun taas toiset aiheuttavat lämpenemistä. Lämpenemistä aiheuttavia vaikutuksia kutsutaan EMF-direktiivissä *lämpövaikutuksiksi*, ja kaikista muista vaikutuksista käytetään nimitystä *muut kuin lämpövaikutukset*. Liitteessä B annetaan lisätietoja sähkömagneettisille kentille altistumisen terveysvaikutuksista.

Erytisen tärkeää on, että kaikkia näitä vaikutuksia varten on määritelty kynnsarvo, jonka alapuolella ei aiheudu mitään riskiä. Kynnsarvon alittavat altistumiset eivät ole kumulatiivisia. Altistumisen vaikutukset ovat hetkellisiä, sillä niitä ilmenee vain altistumisen keston ajan, ja ne häviävät tai vähenevät, kun altistuminen loppuu. Tämä tarkoittaa, että terveydelle ei voi aiheutua mitään riskiä enää sen jälkeen, kun altistuminen on päättynyt.

2.1 Suorat vaikutukset

Suorat vaikutukset ovat muutoksia, joita altistuminen sähkömagneettiselle kentälle aiheuttaa henkilössä. EMF-direktiivissä käsitellään ainoastaan hyvin tunnettuja vaikutuksia, jotka perustuvat tutkittuihin mekanismeihin. Siinä erotetaan toisistaan aistimukset ja terveysvaikutukset, joista jälkimmäisiä pidetään vakavampina.

Suoria vaikutuksia ovat:

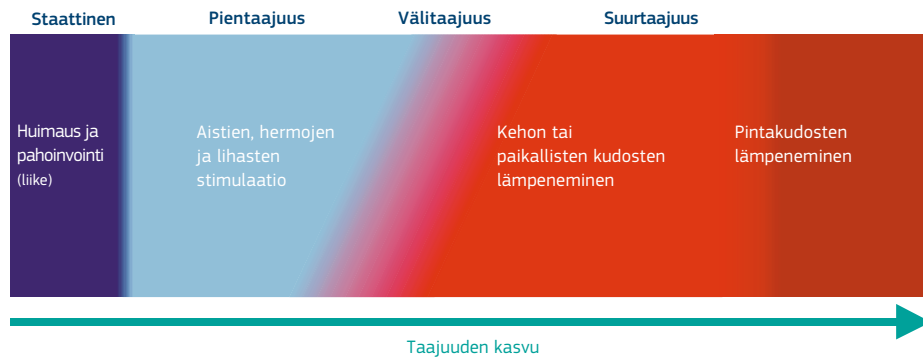
- staattisten magneettikenttien aiheuttamat huimaus ja pahoinvointi (joita esiintyy tyypillisesti henkilön liikkuaessa mutta joita voi esiintyä myös silloin, kun hän on paikoillaan)
- pientaajuuskenttien (enintään 100 kHz) aiheuttamat vaikutukset aistielimiin, hermoihin ja lihaksiin
- suurtaajuuskenttien (vähintään 10 MHz) aiheuttama koko kehon tai kehon osien lämpeneminen; muutaman GHz:n yläpuolella lämpeneminen rajoittuu yhä enemmän kehon pintaan
- välitaajuuksien (100 kHz–10 MHz) aiheuttamat vaikutukset hermoihin ja lihaksiin sekä lämpeneminen.

Nämä käsitteet on havainnollistettu kuvassa 2.1. Suoria vaikutuksia koskevien lisätietojen osalta ks. liite B.

2.2 Pitkäaikaiset vaikutukset

EMF-direktiivissä ei käsitellä sähkömagneettisille kentille altistumisen väitettyjä pitkäaikaisia vaikutuksia, sillä syy-yhteydestä ei tällä hetkellä ole luotettavaa tieteellistä näyttöä. Jos tällaista luotettavaa tieteellistä näyttöä saadaan, Euroopan komissio harkitsee, miten näitä vaikutuksia olisi parasta käsitellä.

Kuva 2.1 Sähkömagneettisten kenttien vaikutukset eri taajuusalueilla (taajuusvälit eivät ole mittakaavassa)



2.3 Epäsuorat vaikutukset

Ei-toivottuja vaikutuksia voi syntyä, kun kentässä olevasta kohteesta aiheutuu turvallisuus- tai terveysvaara. EMF-direktiivi ei kata kontaktia jännitteisiin johtimiin.

Epäsuoria vaikutuksia ovat:

- häiriöt lääkinällisissä sähkö- ja muissa laitteissa
- häiriöt aktiivisissa implantoiduissa lääkinällisissä laitteissa tai välineissä, kuten sydämentahdistimissa tai kammiovärinäpoistajissa
- häiriöt keholla mukana kannettavissa lääkinällisissä laitteissa, kuten insuliinipumpuissa
- häiriöt passiivisissa implanteissa (keino nivelissä, metalliniiteissä, -langoissa tai -levyissä)
- vaikutukset kehossa oleviin kranaatinsirpaleisiin, lävistyksiin, tatuointeihin ja kehotaiteeseen
- irtonaisten ferromagneettisten esineiden aiheuttama sinkoutumisriski staattisissa magneettikentissä
- sytyttimien tahaton laukeaminen
- syttyvien tai räjähtävien aineiden syttymisestä johtuvat tulipalot tai räjähdykset
- kosketusvirtojen aiheuttamat sähköiskut tai palovammat, joita aiheutuu, kun henkilö koskettaa sähköä johtavaa esinettä sähkömagneettisessa kentässä, kun toinen on maadoitettu mutta toinen ei ole.

Luvussa 5 ja liitteessä E annetaan lisätietoja epäsuorista vaikutuksista ja siitä, miten näitä riskejä voidaan hallita työpaikalla.



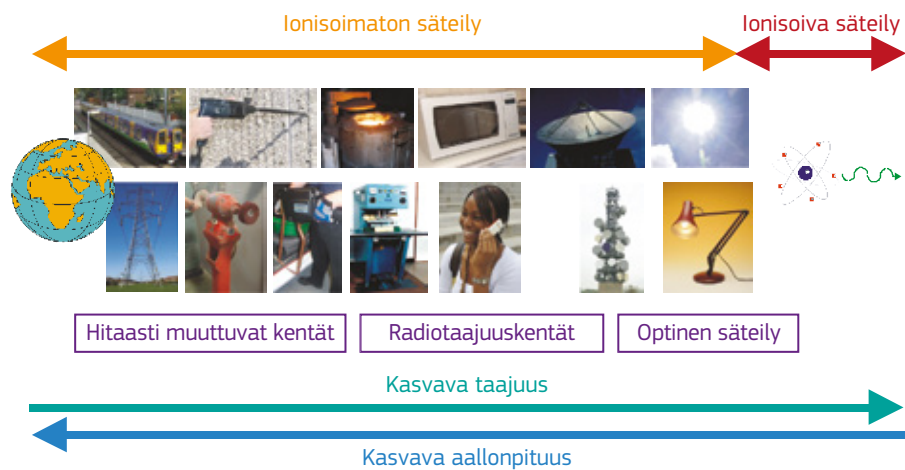
Keskeinen sanoma: Sähkömagneettisten kenttien vaikutukset

Sähkömagneettiset kentät voivat aiheuttaa työpaikalla suoria tai epäsuoria vaikutuksia. Suorat vaikutukset syntyvät kenttien vuorovaikutuksesta kehon kanssa, ja ne voivat olla luonteeltaan lämpövaikutuksia tai muita kuin lämpövaikutuksia. Epäsuorat vaikutukset johtuvat siitä, kun kentässä olevasta kohteesta aiheutuu turvallisuus- tai terveysvaara.

3 SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN LÄHTEITÄ

Nyky-yhteiskunnassa kaikki altistuvat sähkö- ja magneettikentille erilaisista lähteistä, joita ovat muun muassa sähkölaitteet, yleisradiolähetykset ja viestintävälineet (kuva 3.1). Liitteessä A annetaan lisätietoja sähkömagneettisten kenttien ominaispiirteistä. Suurin osa sähkömagneettisten kenttien lähteistä niin kotona kuin työpaikoillakin tuottaa äärimmäisen alhaisia altistumisen tasoja, ja yleisimmissä työtehtävissä altistumiset harvoin ylittävät EMF-direktiivissä määritellyjä toimenpidetasoja tai altistumisen raja-arvoja.

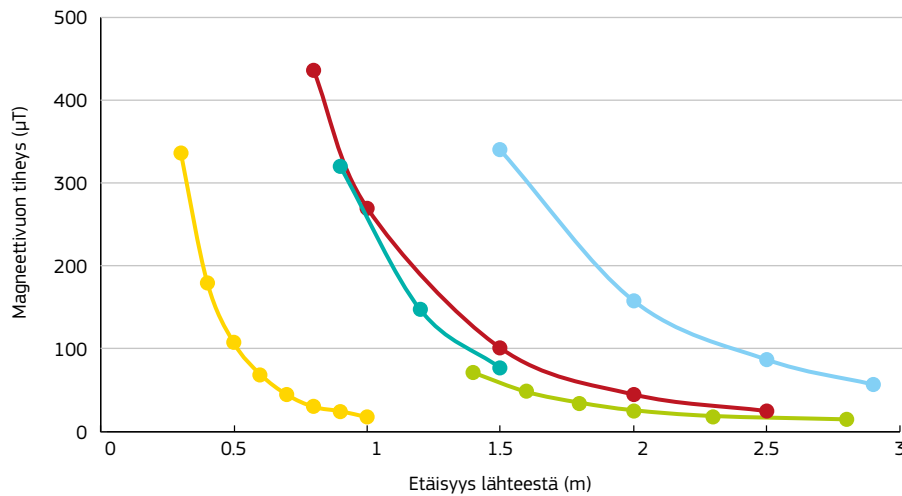
Kuva 3.1 Kaavio sähkömagneettisesta spektristä ja joistakin tyypillisistä lähteistä



Tämän luvun on tarkoitus antaa työnantajille tietoa sähkömagneettisten kenttien lähteistä työympäristössä ja auttaa heitä päättämään, onko heidän arvioitava tarkemmin sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä. Tuotettujen sähkömagneettisten kenttien laajuuteen ja voimakkuuteen vaikuttavat jännitteet, virrat ja taajuudet, joilla laitteet toimivat tai joita ne tuottavat, sekä laitteiden rakenne. Jotkin laitteet on nimenomaan voitu tarkoittaa ulkoisten sähkömagneettisten kenttien tuottamiseen. Silloin pienikin heikkotehoinen laite voi synnyttää merkittäviä ulkoisia sähkömagneettisia kenttiä. Yleensä laitteet, jotka käyttävät suuria virtoja tai suuria jännitteitä tai jotka on suunniteltu lähettämään sähkömagneettista säteilyä, vaativat tarkempaa arviointia. Liitteessä C annetaan lisätietoja suureista ja yksiköistä, joita tavallisesti käytetään sähkömagneettisten kenttien arvioimiseen. Luvusta 5 löytyy tietoja riskien arvioinnista EMF-direktiivin puitteissa.

Sähkömagneettisen kentän voimakkuus heikkenee nopeasti sitä mukaa kuin etäisyys lähteestä kasvaa (kuva 3.2). Työntekijöiden altistumista voidaan vähentää, jos kulkua laitteen lähellä oleville alueille voidaan rajoittaa silloin, kun laite on toiminnassa. On myös syytä muistaa, että muut kuin kestomagneetin tai suprajohtavan magneetin tuottamat sähkömagneettiset kentät häviävät yleensä, kun laitteesta katkaistaan virta.

Kuva 3.2 Magneettivuon tiheyden pieneneminen etäisyyden kasvaessa erilaisten virtalähteiden osalta: pistehitsauskone (●—●); 0,5 m:n demagnetointikela (●—●); 180 kW:n induktiouuni (●—●); 100 kVA:n saumahitsauskone (●—●); 1 m:n demagnetointikela (●—●)



Tämän luvun seuraavien kohtien on tarkoitus auttaa työnantajia tunnistamaan laitteet, toiminnot ja tilanteet, jotka todennäköisesti eivät aiheuta vaaraa, ja ne, jotka saattavat edellyttää suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä työntekijöiden suojelemiseksi.

3.1 Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Tiettyjen työntekijäryhmien (ks. taulukko 3.1) katsotaan olevan erityisen alttiita sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. EMF-direktiivissä määritellyt toimenpidetasot eivät välttämättä riitä suojaamaan näitä työntekijöitä kunnolla, joten työnantajien on tarkasteltava heidän altistumistaan erikseen.

Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, voidaan tavallisesti suojata riittävän hyvin noudattamalla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyjä viitearvoja (ks. liite E). On kuitenkin olemassa hyvin pieni vähemmistö, jolle edes nämä viitearvot eivät välttämättä takaa riittävää suojaa. He saavat omilta lääkäreiltään asianmukaiset ohjeet, joiden perusteella työnantajan olisi voitava ratkaista, aiheutuuko heille riskejä työpaikalla.

Taulukko 3.1 EMF-direktiivissä tunnistetut työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	Esimerkkejä
Työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita	Sydämentahdistimet, kammiovärinäpoistajat, sisäkorvaistutukset, aivorunkoistutukset, sisäkorvaproteesit, neurostimulaattorit, verkkokalvoistutukset, implantoidut lääkkepumput
Työntekijät, joilla on metallia sisältäviä passiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita	Keinonivelet, niitit, levyt, ruuvit, kirurgiset puristimet, aneurysmapuristimet, stentit, sydänläppäproteesit, anuloplastiarenkaat, metalliset ehkäisyimplantit ja aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden kotelot
Työntekijät, joilla on keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita	Ulkoiset hormonipumput
Raskaana olevat työntekijät	

Huom. Kun työnantajat pyrkivät päättämään, ovatko työntekijät erityisen alttiita riskeille, heidän olisi kiinnitettävä huomiota altistumisen tiheyteen, tasoon ja keston.

3.1.1 Työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita

Yksi riskeille erityisen altis ryhmä ovat työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita. Tämä johtuu siitä, että voimakkaat sähkömagneettiset kentät voivat häiritä tällaisten aktiivisten implanttien normaalia toimintaa. Laitteiden valmistajien on lain nojalla varmistettava, että niiden laitteet kestävät kohtuullisen hyvin häiriöitä ja että ne testataan säännöllisesti julkisilla paikoilla esiintyvillä kenttien voimakkuuksilla. Näin ollen neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin asti kenttien voimakkuuksien ei pitäisi haitata näiden laitteiden toimintaa. Kenttien voimakkuudet, jotka ylittävät nämä viitearvot *laitteen tai sen (mahdollisten) anturien sijaintipaikassa*, voivat kuitenkin häiritä laitteen toimintaa niin, että siitä aiheutuu riski laitteen käyttäjälle.

Vaikka joissakin tässä luvussa käsitellyissä työtilanteissa saattaa syntyä voimakkaita kenttiä, tällaiset kentät ovat yleensä hyvin paikallisia. Riskiä voidaan näin ollen hallita varmistamalla, ettei voimakasta kenttää synnytetä implantin välittömässä läheisyydessä. Esimerkiksi matkapuhelimen tuottama kenttä saattaa häiritä sydämentahdistinta, jos puhelinta pidetään laitteen lähellä. Sydämentahdistinta käyttävät henkilöt voivat kuitenkin käyttää matkapuhelinta ilman riskiä. Riittää, kun he varovat pitämästä puhelinta lähellä rintakehäänsä.

Taulukon 3.2 sarakkeessa 3 on yksilöity tilanteet, joissa erityinen arviointi on tarpeen niiden työntekijöiden osalta, joilla on aktiivisia implantteja, koska voimakkaita kenttiä voi syntyä laitteen tai sen (mahdollisten) anturien välittömässä läheisyydessä. Arvioinnin tuloksena on usein, että työntekijöiden on vain noudatettava ohjeita, joita hoitohenkilökunta on antanut heille silloin, kun implantti on asennettu.

Jos työntekijöillä tai muilla henkilöillä, joilla on aktiivisia implantteja, on mahdollisuus päästä työtiloihin, työnantajan on syytä selvittää, onko yksityiskohtaisempi arviointi tarpeen. Tässä yhteydessä on syytä tuoda esiin, että monissa taulukossa 3.2 luetelluissa työtilanteissa on erotettu toisistaan se, että henkilö toteuttaa itse toiminnan, ja se, että toiminta tapahtuu työpaikalla. Viimeksi mainitussa tilanteessa on epätodennäköistä, että implantin välittömässä läheisyydessä on voimakas kenttä, joten arviointia ei tavallisesti tarvitse tehdä.

On joitakin tilanteita (kuten induktiosulatus), joissa syntyy erittäin voimakkaita kenttiä. Näissä tapauksissa alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot saattavat ylittyä, on yleensä paljon suurempi. Siten myös arviointi on todennäköisesti monimutkaisempi (ks. liite E), ja työnantaja voi joutua asettamaan kulkurajoituksia.

3.1.2 Muita työntekijöitä, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Muille työntekijäryhmille, jotka ovat erityisen alttiita riskeille (ks. taulukko 3.1), hyvin paikalliset voimakkaat kentät eivät tavallisesti aiheuta riskiä. Näille työntekijöille aiheutuu sen sijaan riski silloin, kun työtehtävät todennäköisesti tuottavat kenttiä, jotka ylittävät neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot alueilla, joille on yleinen pääsy. Taulukon 3.2 sarakkeessa 2 on yksilöity yleisiä tilanteita, joissa näin voi tapahtua ja joissa tarvitaan erityistä arviointia.

Mikäli työnantajan on tarpeen arvioida riskejä, jotka aiheutuvat riskeille erityisen alttiille työntekijöille, heidän tulee perehtyä liitteeseen E.



Keskeinen sanoma: työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Työntekijät, joilla on aktiivisia implantteja, saattavat olla alttiita voimakkaiden kenttien aiheuttamille riskeille työpaikalla. Kentät ovat usein hyvin paikallisia, ja riskejä voidaan tavallisesti hallita riittävästi muutamilla yksinkertaisilla varotoimilla, jotka perustuvat työntekijän hoitohenkilökunnalta saamiin neuvoihin.

Vaikka voimakkaat kentät voivat aiheuttaa erityisiä riskejä muillekin työntekijäryhmille (työntekijöille, joilla on passiivisia implantteja taikka keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita, ja raskaana oleville työntekijöille), tämä on todennäköistä ainoastaan rajallisessa määrässä tilanteita (ks. taulukko 3.2).

3.2 Yleisiä työtehtäviä, työvälineitä ja työpaikkoja koskevat arviointivaatimukset

Taulukossa 3.2 luetellaan yleisiä työtehtäviä, työvälineitä ja työpaikkoja ja esitetään, onko työnantajan todennäköisesti tehtävä arviointia seuraavien työntekijäryhmien osalta:

- työntekijät, joilla on aktiivisia implantteja
- muut työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille
- työntekijät, jotka eivät ole erityisen alttiita riskeille.

Taulukon tiedot perustuvat siihen, syntyykö tilanteessa todennäköisesti kenttiä, joiden voimakkuus ylittää neuvoston suosituksen 1999/519/EY viitearvot, ja jos syntyy, ovatko kyseiset kentät todennäköisesti hyvin paikallisia.

Taulukko 3.2 perustuu nykyvaatimusten mukaisiin laitteisiin, joita on huollettu asianmukaisesti ja joita käytetään valmistajan tarkoittamalla tavalla. Jos työssä käytetään erittäin vanhoja, vaatimustenvastaisia tai huonosti huollettuja laitteita, taulukon 3.2 ohjeet eivät välttämättä päde.

Jos jokaisen työpaikalla toteutettavan tehtävän kohdalle on merkitty kaikkiin kolmeen sarakkeeseen "Ei", työnantajan ei oletettavasti tarvitse tehdä erityistä arviointia EMF-direktiivin nojalla, sillä sähkömagneettisten kenttien ei odoteta aiheuttavan riskejä. Näissä tilanteissa ei tavallisesti edellytetä jatkotoimia. Sen sijaan puitedirektiivin vaatimusten mukainen yleinen riskinarviointi on tehtävä. Työnantajien olisi puitedirektiivin vaatimusten mukaisesti seurattava tarkasti olosuhteiden muutoksia ja tarkistettava, onko niiden johdosta syytä toteuttaa erityinen sähkömagneettisten kenttien arviointi.

EMF-direktiivin mukaista erityistä arviointia ei oletettavasti tarvitse tehdä myöskään työpaikoilla, joilla työtiloihin ei ole pääsyä työntekijöillä, joilla on aktiivinen implantti, tai muilla työntekijöillä, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, mikäli jokaisen tehtävän kohdalle on merkitty kaikkiin *asianomaisiin* sarakkeisiin "Ei". Puitedirektiivin vaatimusten mukainen yleinen riskinarviointi on kuitenkin tehtävä. Työnantajien olisi myös seurattava tarkasti olosuhteiden muutoksia ja varsinkin riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden pääsyä tiloihin.



Keskeinen sanoma: Sähkömagneettisten kenttien arvioinnit

Mikäli työpaikalla esiintyy ainoastaan sellaisia taulukossa 3.2. lueteltuja tilanteita, joiden kohdalle on kaikkiin *asianomaisiin* sarakkeisiin merkitty "Ei", työnantajan ei tavallisesti tarvitse toteuttaa erityistä sähkömagneettisten kenttien arviointia. Puitedirektiivin vaatimusten mukainen yleinen riskinarviointi on kuitenkin tehtävä, ja työnantajien olisi seurattava tarkasti olosuhteiden muutoksia.

Taulukko 3.2 Sähkömagneettisten kenttien erityisiä arviointeja koskevat vaatimukset yleisten työtehtävien, työvälineiden ja työpaikkojen osalta

Työvälineen tai työpaikan laji	Arviointia edellytetään seuraavien osalta:		
	Työntekijät, jotka eivät ole erityisen alttiita riskeille*	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille (paitsi työntekijät, joilla on aktiivisia implantteja)**	Työntekijät, joilla on aktiivisia implantteja***
	(1)	(2)	(3)
Langaton viestintä			
Puhelimet, langattomat (myös langattomien DECT-puhelimien tukiasemat) – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Puhelimet, langattomat (myös langattomien DECT-puhelimien tukiasemat) – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Puhelimet, kannettavat – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Puhelimet, kannettavat – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Langattomat viestintälaitteet (esim. Wi-Fi tai Bluetooth), myös WLAN-liityntäpisteet – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Langattomat viestintälaitteet (esim. Wi-Fi tai Bluetooth), myös WLAN-liityntäpisteet – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Toimisto			
Audiovisuaaliset laitteet (esim. televisiot, DVD-soittimet)	Ei	Ei	Ei
Audiovisuaaliset laitteet, jotka sisältävät RF-lähettimeä	Ei	Ei	Kyllä
Viestintälaitteet ja -verkot, kaapelikytkentäiset	Ei	Ei	Ei
Tietokone- ja IT-laitteet	Ei	Ei	Ei
Lämpöpuhaltimet, sähkötoimiset	Ei	Ei	Ei
Tuulettimet, sähkötoimiset	Ei	Ei	Ei
Toimistolaitteet (esim. kopiokoneet, paperisilppurit, sähkötoimiset nitojat)	Ei	Ei	Ei
Puhelimet (kiinteät) ja faksilaitteet	Ei	Ei	Ei
Infrastruktuuri (rakennukset ja maa-alueet)			
Hälytysjärjestelmät	Ei	Ei	Ei
Tukiasema-antennit, operaattorien suljetuilla alueilla	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tukiasema-antennit, operaattorien suljettujen alueiden ulkopuolella	Ei	Ei	Ei
Puutarhavälineet (sähkötoimiset) – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Puutarhavälineet (sähkötoimiset) – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Lämmityslaitteet (sähkötoimiset) sisätilojen lämmittämiseen	Ei	Ei	Ei
Kodinkoneet ja työkonet, esim. jääkaapit, pesukoneet, kuivaajat, astianpesukoneet, uunit, leivänpaahdit, mikroaaltouunit, silitysraudat, kunhan ne eivät sisällä siirtolaitteita, kuten WLAN-laitteita, Bluetooth-laitteita tai matkapuhelimia	Ei	Ei	Ei
Valaisinlaitteet, esim. aluevalaisimet ja pöytälamput	Ei	Ei	Ei
Valaisinlaitteet, RF- tai mikroaaltotoimiset	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyjen viitearvojen mukaiset työpaikat, joihin on yleinen pääsy	Ei	Ei	Ei

Turvallisuus			
Tuoteseurantajärjestelmät ja RFID-laitteet	Ei	Ei	Kyllä
Pyyhintälaitteet, nauhan tai kiintolevyn	Ei	Ei	Kyllä
Metallinilmaisimet	Ei	Ei	Kyllä
Virtalähteet			
Virtapiirit, joissa johtimet ovat lähellä toisiaan ja kokonaisvirta on enintään 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Ei	Ei	Ei
Virtapiirit, joissa johtimet ovat lähellä toisiaan ja kokonaisvirta on yli 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Virtapiirit laitteiston sisällä, kun yksittäisen virtapiirin vaihevirta on enintään 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Ei	Ei	Ei
Virtapiirit laitteiston sisällä, kun yksittäisen virtapiirin vaihevirta on yli 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Sähkölaitteistot, joiden vaihevirta on yli 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Sähkölaitteistot, joiden vaihevirta on enintään 100 A – mm. johdot, kytkinlaitteet, muuntajat – altistuminen magneettikentille	Ei	Ei	Ei
Generaattorit ja varageneraattorit – työskentely niillä	Ei	Ei	Kyllä
Invertterit, myös valosähköisissä järjestelmissä	Ei	Ei	Kyllä
Paljas ilmajohtin, jonka jännite on enintään 100 kV, tai ilmajohto, jonka jännite on enintään 150 kV, työpaikan yläpuolella – altistuminen sähkökentille	Ei	Ei	Ei
Paljas ilmajohtin, jonka jännite on yli 100 kV, tai ilmajohto, jonka jännite on yli 150 kV ⁽¹⁾ , työpaikan yläpuolella – altistuminen sähkökentille	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Paljaat ilmajohtimet jännitteen suuruudesta riippumatta – altistuminen magneettikentille	Ei	Ei	Ei
Maanalaiset tai eristetyt kaapelijohdot jännitteen suuruudesta riippumatta – altistuminen sähkökentille	Ei	Ei	Ei
Tuuliturbiinit, työskentely niillä	Ei	Kyllä	Kyllä
Pienteollisuus			
Kaarihitsausprosessit, manuaaliset (myös MIG-hitsaus (jalokaasu-metallikaarihitsaus), MAG-hitsaus (metallikaasukaarihitsaus), TIG-hitsaus (volframi-inerttikaasukaarihitsaus)), hyvää toimintatapaa noudattaen, ilman että kaapeli koskee kehoa	Ei	Ei	Kyllä
Akunlaturit, teolliset	Ei	Ei	Kyllä
Akunlaturit, suuret, ammattikäyttöön	Ei	Ei	Kyllä
Pinnoitus- ja maalauslaitteet	Ei	Ei	Ei
Ohjauslaitteet, jotka eivät sisällä radiolähettä	Ei	Ei	Ei
Koronakäsittelylaitteet	Ei	Ei	Kyllä
Suurtaajuuskuumennus	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Suurtaajuushitsaus	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Sähköstaattiset maalauslaitteet	Ei	Kyllä	Kyllä
Uunit, resistiivisesti lämmitettävät	Ei	Ei	Kyllä
Liimapistoolit (kannettavat) – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei

⁽¹⁾ Yli 150 kV:n ilmajohtojen kohdalla sähkökentän voimakkuus on yleensä, joskaan ei aina, neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyä viitearvoa alempi.

Liimapistoolit – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Lämpöpistoolit (kannettavat) – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Lämpöpistoolit – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Hydrauliset rampit	Ei	Ei	Ei
Induktiokuumennus	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Induktiokuumennusjärjestelmät, automaattiset, vianmääritys ja korjaus tehtävä lähellä sähkömagneettisen kentän lähdeä	Ei	Kyllä	Kyllä
Induktiotiivistyslaitteet	Ei	Ei	Kyllä
Induktiojuotto	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Työstökoneet (esim. jalustaporat, hiomalaitteet, sorvit, jyrskoneet, sahat)	Ei	Ei	Kyllä
Magneettijauhetaarkastus (magneettinen tutkimus)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Magnetointi-/demagnetointilaitteet, teolliset (myös nauhanpyyhintälaitteet)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Mittauslaitteet ja -välineet, jotka eivät sisällä radiolähtettä	Ei	Ei	Ei
Mikroaaltolämmitys- ja -kuivatuslaitteet, puuteollisuudessa (puun kuivatus, puun muovaus, puun liimaus)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
RF-plasmalaitteet, myös tyhjiösaostaminen ja sputterointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Työkalut (sähkötoimiset kädessä pidettävät ja kannettavat, esim. porat, hiomakoneet, pyörösahat ja kulmahiomalaitteet) – niiden käyttö	Ei	Ei	Kyllä
Työkalut (sähkötoimiset kädessä pidettävät ja kannettavat) – työpaikat, joilla niitä on	Ei	Ei	Ei
Hitsausjärjestelmät, automaattiset, vianmääritys, korjaus ja koulutus tehtävä lähellä sähkömagneettisen kentän lähdeä	Ei	Kyllä	Kyllä
Hitsaus, manuaalinen vastushitsaus (pistehitsaus, saumahitsaus)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Raskas teollisuus			
Elektrolyysi, teollinen	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Uunit, valokaarisulatusuunit	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Uunit, induktiosulatusuunit (pienien uunien kentät ovat tavallisesti voimakkaammat kuin suurempien uunien)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Rakentaminen			
Rakennuslaitteet (esim. betoninsekoittimet, täryttimet, nosturit) – työskentely niiden läheisyydessä	Ei	Ei	Kyllä
Mikroaaltokuivatus, rakennusteollisuuden alalla	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Lääketiede			
Lääketieteelliset laitteet, joissa ei hyödynnetä sähkömagneettisia kenttiä diagnosointia tai hoitoa varten	Ei	Ei	Ei
Lääketieteelliset laitteet, joissa hyödynnetään sähkömagneettisia kenttiä diagnosointia tai hoitoa varten (esim. lyhytaaltodiatermia, transkraniaalinen magneettistimulaatio)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Kuljetus			
Moottoriajoneuvot ja -laitteet – työskentely käynnistys-, generaattori-, sytytysjärjestelmän läheisyydessä	Ei	Ei	Kyllä
Tutkat, lennonjohto-, sotilas-, sää- ja suurkantamatutkat	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Junat ja raitiovaunut, sähkökäyttöiset	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Muut			
Akunlaturit, joissa on induktiivinen tai läheisyyskenttä	Ei	Ei	Kyllä

Akunlaturit, joissa on muu kuin induktiivinen kytkentä, kotitalouskäyttöön	Ei	Ei	Ei
Yleislähetysjärjestelmät ja -laitteet (radio ja televisio: LF, MF, HF, VHF, UHF)	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Laitteet, jotka tuottavat yli 0,5 milliteslan staattisia magneettikenttiä joko sähköisesti tai kestopagneeteista (esim. magneettiset kiinnityslaitteet, pöydät ja kuljettimet, nostomagneetit, magneettiset pidikkeet, nimikyltit, merkit)	Ei	Ei	Kyllä
Laitteet, jotka on tuotu Euroopan markkinoille neuvoston suosituksen 1999/519/EY tai sähkömagneettisia kenttiä koskevien yhdenmukaistettujen standardien mukaisina	Ei	Ei	Ei
Voimakkaita magneettikenttiä tuottavat kuulokkeet	Ei	Ei	Kyllä
Induktiiviset keittolaitteet, ammattikäyttöön	Ei	Ei	Kyllä
Kaikenlaiset muut kuin sähkökäyttöiset laitteet, paitsi kestopagneetteja sisältävät	Ei	Ei	Ei
Kannettavat laitteet (akkukäyttöiset), jotka eivät sisällä RF-lähettimeä	Ei	Ei	Ei
Radiot, kaksisuuntaiset (esim. kannettavat radiopuhelimet, ajoneuvoradiot)	Ei	Ei	Kyllä
Lähettimet, akkukäyttöiset	Ei	Ei	Kyllä

- Huom.*
- * Arvioitava sovellettavien toimenpidetasojen tai altistumisen raja-arvojen suhteen (ks. luku 6).
 - ** Arvioitavaz neuvoston suosituksen viitearvojen suhteen (ks. jakso 5.4.1.3 ja liite E).
 - *** Paikallinen henkilökohtainen altistuminen voi ylittää neuvoston suosituksen viitearvot – tämä on otettava huomioon riskinarvioinnissa, jossa olisi voitava hyödyntää implantoituidun laitteen asennuksesta ja/tai jatkohoidosta vastaavalta hoitohenkilökunnalta saatuja tietoja. (ks. jakso 5.4.1.3 ja liite E).

3.2.1 Työtehtävät, työvälineet ja työpaikat, jotka todennäköisesti edellyttävät erityistä arviointia

Työpaikoilla, joilla on tai jotka sijaitsevat lähellä sellaisia laitteita, jotka käyttävät suuria virtoja tai suuria jännitteitä, voi olla alueita, joilla on voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. Näitä alueita syntyy todennäköisesti myös lähellä laitteita, jotka on nimenomaisesti suunniteltu lähettämään voimakasta sähkömagneettista säteilyä. Tällaiset voimakkaat kentät saattavat ylittää EMF-direktiivin toimenpidetasot tai altistumisen raja-arvot tai aiheuttaa kohtuuttomia riskejä epäsuorien vaikutusten kautta.

Taulukon 3.2 sarakkeessa 1 on yksilöity tilanteita, joissa saattaa syntyä sellaisia voimakkaita kenttiä, jotka tavallisesti edellyttävät sähkömagneettisten kenttien erityistä arviointia. Tämä taulukko on koottu sen perusteella, että esimerkkitalanteista saatavilla olevien mittaustietojen mukaan kentät saattavat olla niin voimakkaita, että arvot lähenevät asianomaisia toimenpidetasoja tai toisinaan jopa ylittävät ne. Vaikka sarakkeeseen 1 olisi merkitty "Kyllä", ei altistumisen raja-arvo näin ollen välttämättä ylity kyseessä olevalla kentällä. Merkintä tarkoittaa ennemminkin, ettei altistumisen raja-arvon noudattamisesta ole aina täyttä varmuutta, kun otetaan huomioon, että tilanteet voivat vaihdella työpaikoilla. Siksi suositellaan, että jokaisella työpaikalla tehtäisiin oma erityinen arviointi.

On syytä painottaa, että taulukko 3.2 sisältää esimerkkejä työpaikoilla yleisesti esiintyvistä tilanteista. Luetteloa ei voida pitää tyhjentyvänä. Siinä ei ole välttämättä mainittu kaikkia erikoislaitteita ja harvinaisia prosesseja. Luettelon on kuitenkin tarkoitus auttaa työnantajia tunnistamaan tilanteita, joissa todennäköisesti tarvitaan tarkempaa arviointia.

3.3 Työtehtävät, työvälineet ja työpaikat, joita ei ole lueteltu tässä luvussa

Kun työnantaja tunnistaa työpaikallaan tilanteen, jota ei ole mainittu taulukossa 3.2, työnantajan on ensimmäiseksi kerättävä mahdollisimman paljon tietoa hallussaan olevista käsikirjoista ja muusta aineistosta. Seuraavaksi on tutkittava, onko tietoa saatavilla ulkoisista lähteistä, kuten laitteiden valmistajilta ja toimialajärjestöiltä (ks. tämän oppaan luku 7).

Jos sähkömagneettisista kentistä ei ole saatavilla tietoa mistään muualta, työnantaja voi joutua tekemään arviointia varten mittauksia tai laskelmia (ks. luku 8).

Jakso 2

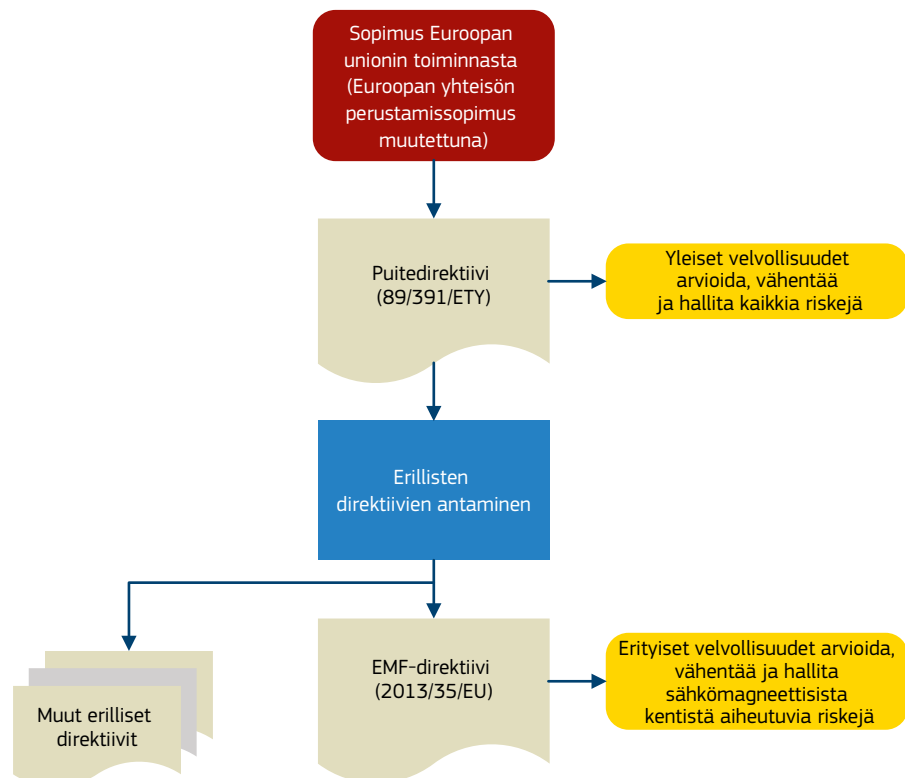
LISÄTOIMISTA PÄÄTTÄMINEN

4 EMF-DIREKTIIVIN RAKENNE

EMF-direktiivin (2013/35/EU) koko teksti sisältyy oppaan liitteeseen L. Tässä luvussa selitetään, miten ja miksi EMF-direktiivi on annettu, ja esitetään tiivistelmä sen keskeisistä vaatimuksista.

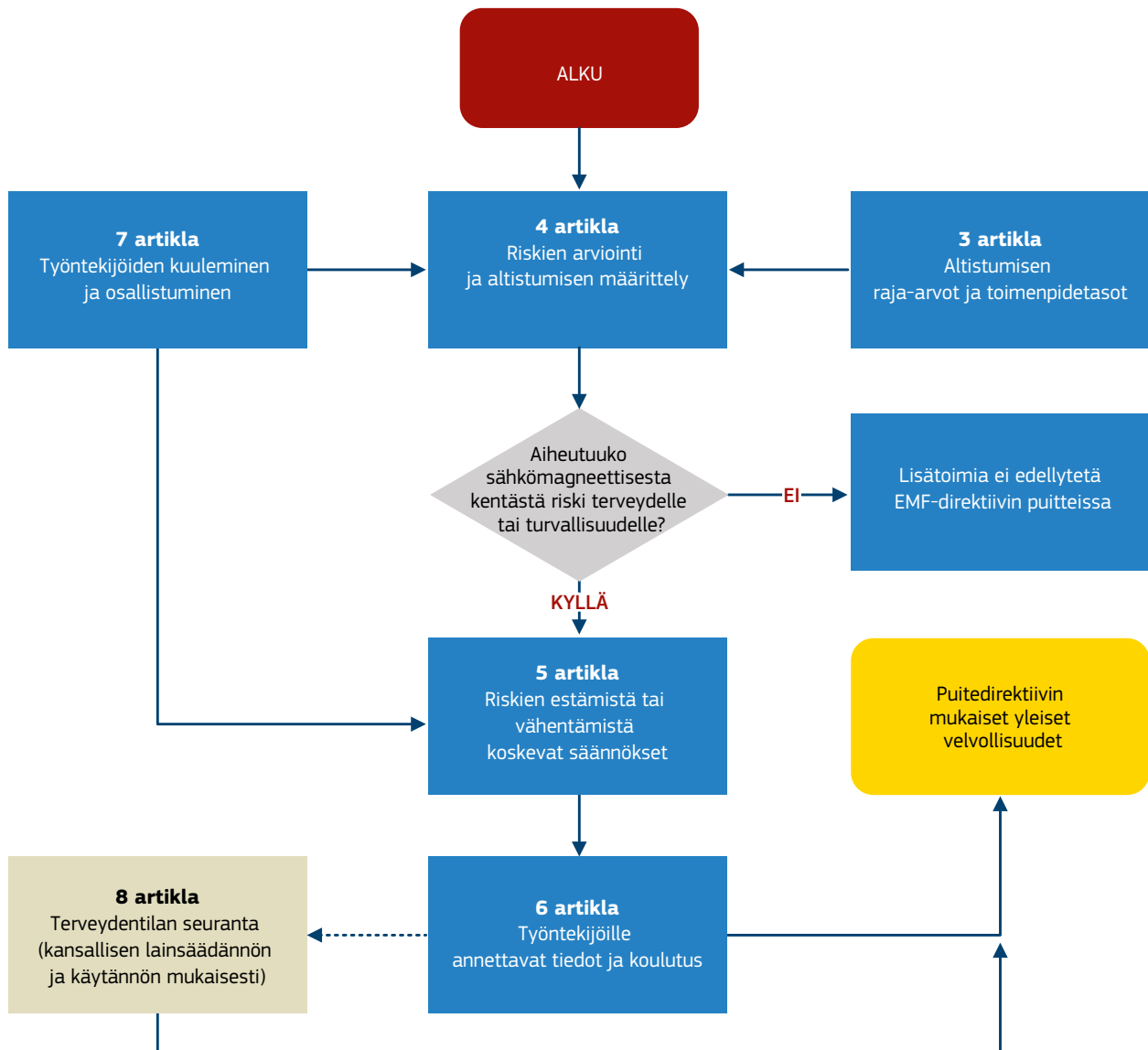
Euroopan yhteisön perustamissopimuksessa (eli nykyään sopimuksessa Euroopan unionin toiminnasta) on asetettu tavoitteeksi edistää työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden parantamista työympäristössä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi sopimuksen nojalla voidaan antaa direktiivejä, joilla asetetaan vähimmäisvaatimukset. Vuonna 1989 annettiin puitedirektiivi (89/391/ETY) kokonaisvaltaiseksi direktiiviksi tällä alueella. Puitedirektiivissä säädetään yleisistä vaatimuksista, jotka koskevat riskien arviointia ja vähentämistä, hätävalmiutta, työntekijöille annettavaa tiedotusta ja työntekijöiden osallistumista ja koulutusta, työntekijöiden velvollisuuksia ja terveydentilan seuranta. Lisäksi siinä edellytetään, että annetaan erillisiä direktiivejä, jotka sisältävät ennen kaikkea lisätietoja siitä, miten puitedirektiivin tavoitteet saavutetaan määrätyissä tilanteissa. EMF-direktiivi on kahdeskymmenes tällainen erillinen direktiivi. Kuvassa 4.1 havainnollistetaan sitä, miten EMF-direktiivi sijoittuu laajempaan lainsäädännölliseen yhteyteen.

Kuva 4.1 Kaavio EMF-direktiivin lainsäädännöllisistä puitteista



Kuvassa 4.2 luodaan yleiskuva työnantajien kannalta keskeisistä EMF-direktiivin artikloista ja siitä, millaisessa yhteydessä ne ovat toisiinsa.

Kuva 4.2 Kaavio EMF-direktiivin artikloiden keskinäisistä yhteyksistä



Kuten edellä todettiin, EMF-direktiivin tarkoitus on auttaa työnantajia noudattamaan puitedirektiivissä heille asetettuja velvoitteita työtilanteessa, johon liittyy altistumista sähkömagneettiselle kentälle. Näin ollen monet EMF-direktiivin vaatimukset peilaavat vaatimuksia, jotka sisältyvät yleisluonteisempaan puitedirektiiviin, ja siksi näitä kahta direktiiviä olisi sovellettava yhdessä. EMF-direktiivissä keskitytään erityisesti sähkömagneettisista kentistä työpaikalla aiheutuvien riskien arviointiin ja riskien vähentämiseksi tarvittaessa toteutettaviin toimenpiteisiin. Mainittujen kahden direktiivin välisestä yhteydestä seuraa kuitenkin, että useimpien työnantajien, jotka jo täyttävät puitedirektiivin mukaiset velvoitteensa, ei tulisi joutua toteuttamaan suurempia lisätoimia täyttääkseen EMF-direktiivin vaatimukset.

EMF-direktiivin tarkoitus on asettaa *vähimmäisvaatimukset* terveydelle ja turvallisuudelle työssä, johon liittyy sähkömagneettisia kenttiä. Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen mukaisesti yksittäiset jäsenvaltiot voivat halutessaan edelleen soveltaa sellaista jo olemassa olevaa lainsäädäntöä tai luoda uutta lainsäädäntöä, jonka vaatimukset ovat EMF-direktiiviä tiukempia.

4.1 3 artikla – Altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot

Enimmäisaltistumisia rajoitetaan 3 artiklassa asettamalla altistumisen raja-arvot aistinelimiin kohdistuville vaikutuksille ja terveysvaikutuksille. Nämä määritellään EMF-direktiivin liitteessä II (muut kuin lämpövaikutukset) ja liitteessä III (lämpövaikutukset). Terveysvaikutusraja-arvoja on noudatettava aina. Aistimusraja-arvot on sen sijaan sallittua ylittää tilapäisesti, mikäli työntekijöille annetaan asiassa tiedotusta ja muita toimenpiteitä otetaan käyttöön 3 artiklan mukaisesti.



Keskeinen sanoma: Määritelmät

Monet EMF-direktiivissä käytetyt termit määritellään 2 artiklassa. Joitain termejä, kuten ”tilapäisesti” ja ”perusteltu”, ei kuitenkaan määritellä, ja niitä voidaan käyttää eri yhteyksissä eri tavoin. Jos termejä ei ole nimenomaisesti määritelty EMF-direktiivissä, jäsenvaltioiden on määriteltävä ne täytäntöönpanovaiheessa joko lainsäädännöllä tai muilla keinoin.

Useimmiten altistumisen raja-arvot määritellään kehon sisäisinä suureina, jotka eivät ole suoraan mitattavissa tai puhtaasti laskettavissa. Tästä syystä 3 artiklassa säädetään toimenpidetasoista, jotka määritellään ulkoisina kenttäsuureina, jotka voidaan helpommin mitata tai laskea. Toimenpidetasot määritellään EMF-direktiivin liitteissä II ja III. Jos toimenpidetasot eivät ylity, voidaan olettaa, että altistumiset pysyvät raja-arvojen puitteissa, eikä tarkempaa arviointia näin ollen tarvita. Tietyissä olosuhteissa joidenkin toimenpidetasojen ylittäminen voi olla hyväksyttävää – 3 artiklassa esitetään tähän sovellettavat säännöt.

Toimenpidetasoja ja altistumisen raja-arvoja on monimutkaista soveltaa käytännössä. Tätä käsitellään tarkemmin oppaan luvussa 6.

4.2 4 artikla – Riskien arviointi ja altistumisen määrittely

Työpaikan turvallisuuden parantamiseksi on ensin arvioitava olemassa olevat riskit. Luvussa 5 annetaan lisätietoja sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien arvioimisesta työpaikalla. Tässä yhteydessä käsitellään myös seikkoja, jotka on otettava huomioon 4 artiklan noudattamiseksi. On tärkeä huomata, että pelkkä toimenpidetasojen taikka altistumisen raja-arvojen noudattamisen osoittaminen ei riitä, sillä tämä ei välttämättä anna vielä riittävää suojaa työntekijöille, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, tai estä epäsuorista vaikutuksista aiheutuvia turvallisuusriskejä.

Sähkömagneettisista kentistä työpaikalla aiheutuvia riskejä arvioitaessa on tarpeen ymmärtää, millaisia olemassa olevat kentät ovat luonteeltaan. Näin ollen 4 artiklassa edellytetään lisäksi, että työnantajat yksilöivät ja arvioivat työpaikan sähkömagneettiset kentät. Artiklan nojalla työnantajat voivat kuitenkin hyödyntää muiden antamia tietoja, eikä heiltä edellytetä kenttien omatoimista arviointia muuta kuin siinä tapauksessa, että vaatimustenmukaisuutta ei voida osoittaa muulla tavalla.

On tärkeää, että valmistajien antamien taikka yleisistä arvioinneista koostuvissa tietokannoissa julkaistujen tietojen käyttäminen on hyväksyttyä, sillä useimmat työnantajat voivat näin ehdottomasti yksinkertaisesti arvioida työpaikalla olevia sähkömagneettisia kenttiä. Muiden antamien tietojen käyttöä käsitellään tarkemmin oppaan luvussa 7 ja havainnollistetaan osan 2 tapaustutkimuksissa.

Silloinkin, kun työnantajien on arvioitava kenttiä itse, he saavat 4 artiklan nojalla itse valita, tekevätkö he arvioinnin mittaamalla vai laskemalla. Tämän joustavuuden myötä työnantajat voivat valita menetelmän, joka on heidän tilanteessaan yksinkertaisin. Monet tekijät vaikuttavat valittavaan menetelmään, ja näitä tekijöitä käsitellään tarkemmin oppaan luvussa 8. Lisäohjeita on liitteessä D.

4.3 5 artikla – Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset

Jos toimenpidetasot eivät ylity ja muut vaikutukset voidaan sulkea pois, työnantajien ei tarvitse ryhtyä lisätoimiin, joskin heidän on varmistettava, että he yhä täyttävät puitedirektiivin mukaiset velvollisuutensa. Tämä tarkoittaa muun muassa riskinarvioinnin asianmukaisuuden tarkistamista määräajoin.

Jos toimenpidetasot ylittyvät, työnantaja voi – mikäli mahdollista – halutessaan yrittää osoittaa, että työpaikalla noudatetaan altistumisen raja-arvoja ja että sähkömagneettisista kentistä ei aiheudu muita turvallisuusriskejä. Monissa tapauksissa saattaa kuitenkin olla helpompaa ja halvempaa toteuttaa riskien ehkäisemiseen tähtääviä toimenpiteitä kuin osoittaa, että altistumisen raja-arvoja noudatetaan. Muilta osin EMF-direktiivin puitteissa sovellettavien riskien estämistä ja vähentämistä koskevien yleisten menetelmien tulisi noudattaa puitedirektiiviä. Useimmiten työnantajat voivat valita useista mahdollisista vaihtoehdoista menetelmän, joka parhaiten sopii heidän omaan tilanteeseensa. Oppaan luvussa 9 käsitellään yleisiä menetelmiä. Näihin sisältyy myös muutamia sellaisia toimenpiteitä, jotka koskevat nimenomaan sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä.

Kuten edellä jaksossa 4.1 mainittiin, matalat toimenpidetasot tai aistimusraja-arvot voidaan 3 artiklan nojalla ylittää tilapäisesti tiettyjen ehtojen täyttyessä. Tällaisissa tilanteissa toteutettavat varotoimet määritellään 5 artiklassa.

Työnantajan tulee olla tietoinen siitä, että vaikka toimenpidetasot eivät ylittyisi, tämä ei vielä välttämättä takaa riittävää suojaa työntekijöille, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, tai estä epäsuorista vaikutuksista aiheutuvia turvallisuusriskejä. Useimmiten myös näissä tapauksissa riskien hallintaan on olemassa useita eri vaihtoehtoja, ja näitä käsitellään tarkemmin luvussa 9.

4.4 6 artikla – Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus

EMF-direktiivin muiden osien tapaan 6 artiklan sisältämät vaatimukset ovat myös pitkälti samankaltaiset kuin puitedirektiivin vastaavissa artikloissa. Silloin, kun riskejä havaitaan, työntekijöille olisi annettava asianmukaista tiedotusta ja koulutusta. On kuitenkin huomioitava, että monetkaan työntekijät eivät välttämättä ole tietoisia sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien vaarojen luonteesta tai mahdollisista oireista eivätkä tunne altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen kaltaisia käsitteitä. Kyseisiä seikkoja on siis erityisesti käsiteltävä annettavassa koulutuksessa. Työntekijöille pitää myös antaa tarkat tiedot heidän työpaikkaansa koskevien arviointien tuloksista.

Yhtälailalla on tärkeää, että riskit asetetaan oikeisiin suhteisiin. Työntekijöiden tulee ymmärtää, että työpaikan sähkömagneettisten kenttien lähteistä ei monissa tapauksissa aiheudu riskiä heidän terveydelleen tai turvallisuudelleen. Itse asiassa monet tällaiset lähteet, kuten matkapuhelimet tai nostolaitteet, voivat lisätä heidän hyvinvointiaan tai helpottaa heidän työtään merkittävästi. Tietojen antamista ja koulutusta käsitellään tarkemmin oppaan luvussa 9.

4.5 7 artikla – Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen

EMF-direktiivin 7 artiklassa viitataan suoraan puitedirektiivin 11 artiklaan.

4.6 8 artikla – Terveystilan seuranta

EMF-direktiivin 8 artikla pohjautuu puitedirektiivin 14 artiklan vaatimuksiin. Jäsenvaltioilla on nimenomainen lupa sovittaa nämä vaatimukset jo käytössä olevien järjestelmiensä osaksi, joten tämän artiklan käytännön täytäntöönpano todennäköisesti vaihtelee eri maissa. Oppaan luvussa 11 annetaan ohjeita terveystilan seurantaan.

4.7 10 artikla – Poikkeukset

EMF-direktiivin 10 artiklassa säädetään yhdestä ehdottomasta ja kahdesta harkinnanvaraisesta poikkeuksesta. Poikkeuksella tarkoitetaan lainsäädännöllisen vaatimuksen lieventämistä. Tässä yhteydessä tämä merkitsee sitä, että työnantajien ei tietyissä olosuhteissa ole pakko täyttää tietyjä EMF-direktiivin vaatimuksia, mikäli työntekijöille kuitenkin taataan riittävä suoja.

Ehdoton poikkeus koskee terveydenhuollon magneettiresonanssikuvauuslaitteiden asennusta, testausta, käyttöä, kehitystä, huoltoa ja niiden käyttöön liittyvää tutkimusta. Poikkeuksen nojalla altistumiset saavat ylittää asetetut raja-arvot, mikäli tietyt ehdot täyttyvät. Näitä ehtoja käsitellään tarkemmin oppaan liitteessä F, jossa lisäksi annetaan työnantajille ohjeita siitä, miten ehtojen täytyminen osoitetaan.

Ensimmäisen harkinnanvaraisen poikkeuksen nojalla jäsenvaltioissa voidaan sallia vaihtoehdoisen suojelujärjestelmän käyttö silloin, kun kyse on henkilöstöstä, joka työskentelee sotilaallisten laitteistojen kanssa, osallistuu sotilaallisiin toimiin tai osallistuu yhteisiin kansainvälisiin sotilasharjoituksiin. Tämä poikkeus myönnetään sillä ehdolla, että haitalliset terveysvaikutukset ja turvallisuusriskit estetään.

Toinen harkinnanvarainen poikkeus on yleinen poikkeus, jonka nojalla jäsenvaltioissa voidaan sallia altistumisen raja-arvojen tilapäinen ylittyminen tietyillä aloilla tai tietyssä toiminnassa määrättyjen ehtojen täytyessä.

Poikkeuksia käsitellään tarkemmin oppaan jaksossa 6.4.

4.8 Yhteenveto

EMF-direktiivin tarkoituksena on auttaa työnantajia noudattamaan puitedirektiivin vaatimuksia silloin, kun kyse on sähkömagneettisiin kenttiin liittyvistä erityisistä riskeistä. Useimmat työnantajat täyttävät oletettavasti jo entuudestaan puitedirektiivin mukaiset velvollisuutensa ja ovat näin ollen jo hoitaneet EMF-direktiivin mukaiset vastuunsa. Joillain työpaikoilla, joilla kentät ovat voimakkaita, työnantajat voivat kuitenkin joutua suorittamaan yksityiskohtaisia arviointeja ja toteuttamaan ylimääräisiä varotoimia riskien estämiseksi tai vähentämiseksi. Työnantajien on tämän lisäksi annettava työntekijöilleen tietoja ja koulutusta ja perehdytettävä heidät riskien hallintaan sekä noudatettava terveystilan seurantaan koskevia kansallisia käytäntöjä.

Magneettiresonanssikuvaukseen sovelletaan terveydenhuollossa ehdotonta poikkeusta. Lisäksi on olemassa muita poikkeuksia, joiden nojalla jäsenvaltioissa voidaan ottaa käyttöön vaihtoehtoinen suojelujärjestelmä sotilaallisia toimia varten sekä sallia altistumisen raja-arvojen tilapäinen ylittyminen muilla aloilla tietyin ehdoin.

5 RISKIEN ARVIOINTI EMF-DIREKTIIVISSÄ

Puitedirektiivin yhtenä perusvaatimuksena on riskinarviointi, ja tämä näkyy EMF-direktiivin 4 artiklassa. Artiklassa nostetaan esille useita erityisheitteitä, jotka on otettava huomioon sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien arvioinnissa. Tässä luvussa annetaan ohjeita siitä, miten sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä kannattaa arvioida. Yksittäiset työnantajat voivat mukauttaa neuvoja niin, että ne sopivat yhteen jo olemassa olevien riskinarviointijärjestelmien kanssa.

Riskinarvioinnista ei yleensä ole olemassa mitään ehdottomia sääntöjä, mutta on aina syytä tarkistaa kansallisilta viranomaisilta, sovelletaanko arviointiin joitain tiettyjä kansallisia vaatimuksia. Jäsenneilyt riskinarviointimenetelmät ovat tavallisesti tehokkaimpia, sillä niiden avulla vaarat ja riskialttiit työntekijät voidaan tunnistaa järjestelmällisesti. Näin voidaan varmistaa, että riskejä ei jää tahattomasti huomaamatta. Arvioinnin monimutkaisuus riippuu siitä, millaisia arvioitavat tehtävät ovat, mutta kokemukset viittaavat siihen, että useimmiten arviointimenetelmän on parasta olla mahdollisimman yksinkertainen.

Siinä missä riskinarvioinnissa ei ole olemassa mitään ehdottomia sääntöjä, myös käytettävä sanasto voi vaihdella. Tässä luvussa käytetään Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston suosittamia termejä ja määritelmiä (taulukko 5.1).

Taulukko 5.1 Tässä oppaassa käytettävät riskinarviointia koskevat termit ja määritelmät

Vaara	Tekijä tai ominaisuus, joka voi saada aikaan vahinkoa
Riski	Todennäköisyys, että mahdollinen vahingollinen tapahtuma toteutuu tietyissä käyttö- ja/tai altistusolosuhteissa, ja vahingon mahdollinen vakavuus
Riskinarviointi	Prosessi, jossa arvioidaan riskiä, joka aiheutuu työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle työpaikalla ilmenevästä vaaratilanteesta

Kokonaisvaltaisessa riskinarvioinnissa on tarkasteltava kaikkia työtehtävään liittyviä vaaroja. Tässä oppaassa käsitellään kuitenkin vain sähkömagneettisista kentistä aiheutuvaa vaaraa. Oppaan osan 2 tapaustutkimuksissa annetaan muutamia esimerkkejä sähkömagneettisia kenttiä koskevasta riskinarvioinnista. Tietyissä arviointitavoissa tuotteen valmistajan toimittamat tiedot riittävät päättelemään, että riski on riittävän hyvin hallinnassa. Riskinarviointiprosessi ei siis välttämättä ole erityisen työläs. Arvioinnista saadut tiedot on säilytettävä kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti.

Riskiä arvioiminen on johdon vastuulla, mutta arviointiprosessissa on kuultava työntekijöitä ja heille on annettava tietoa arvioinnin tuloksesta.

5.1 Vuorovaikutteinen riskinarvioinnin verkkoympäristö (OiRA)

Vuorovaikutteinen riskinarvioinnin verkkoympäristö (OiRA) on kehitetty Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirastossa mikro- ja pienyritysten avuksi. Kyseistä ympäristöä ylläpidetään erillisellä verkkosivustolla (www.oiraproject.eu), jonka kautta OiRA-työkaluja pääsee käyttämään. Työkalujen käyttö on ilmaista, ja niiden on tarkoitus auttaa työnantajia toteuttamaan vaiheittainen riskinarviointiprosessi. Työkalut ovat toimialakohtaisia, joten niiden avulla työnantajat voivat yksilöidä omien alojensa tavallisimmat vaarat.

OiRA-prosessissa on neljä päävaihetta, jotka ilmenevät seuraavasta taulukosta 5.2.

Taulukko 5.2 OiRA-prosessin vaiheet

Valmistelu	Tässä vaiheessa työnantaja saa yleiskäsityksen siitä nimenomaisesta arvioinnista, johon hän on ryhtymässä, ja työnantaja voi mukauttaa arviointia yrityksensä erityisluonteen mukaan.
Yksilöinti	OiRA-työkalu esittää sarjan mahdollisia terveys- ja turvallisuusvaaroja tai -ongelmia, joita työpaikalla saattaa esiintyä. Vastaamalla väitteisiin/kysymyksiin kyllä tai ei työnantaja ilmoittaa, onko työpaikalla tällaisia vaaroja tai ongelmia. Työnantaja voi myös päättää olla vastaamatta johonkin kysymykseen, jolloin kysymys jää avoimeksi ja siihen on vastattava myöhemmin.
Arviointi	Tässä vaiheessa työnantaja voi määrittää, miten suuri riski kuhunkin niistä kohdista liittyy, joihin hän on "Yksilöinti"-vaiheessa merkinnyt vastaukseksi "vaara/ongelma on selvitettävä".
Toimintasuunnitelma	Arvioinnin neljännessä vaiheessa työnantaja voi päättää, mihin toimenpiteisiin hän ryhtyy puuttuakseen riskeihin, jotka hän on aiemmassa vaiheessa yksilöinyt, ja mitä resursseja siihen tarvitaan. Seuraavassa vaiheessa näiden tietojen pohjalta tuotetaan automaattinen raportti.

Seuraavassa esitettävät ohjeet ovat yhdenmukaiset OiRA-prosessin kanssa, joten niistä pitäisi olla hyötyä OiRA-työkalujen käyttäjille. On kuitenkin huomattava, että kaikki työnantajat eivät halua käyttää OiRA-työkaluja. Joillain työnantajilla on entuudestaan käytössä riskinarviointijärjestelmiä, ja toiset työnantajat taas saattavat käyttää terveyden ja turvallisuuden hallintajärjestelmiä, kuten OHSAS 18001 -järjestelmää. Tässä luvussa annettavien ohjeiden onkin siis tarkoitus soveltaa kaikkiin näihin tilanteisiin.

5.2 Vaihe 1 – Valmistelu

Riskinarvioinnin ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu aina työtehtäviä koskevien tietojen kokoaminen. Näitä tietoja ovat seuraavat:

- työtehtävien kuvaus
- se, kuka työn suorittaa
- se, miten työ suoritetaan
- se, millä laitteilla työtehtävä suoritetaan.

Tässä vaiheessa on erittäin tärkeää kuulla työntekijöitä ja havainnoida työtehtäviä. Työtehtävän suorittaminen käytännössä saattaa erota siitä, miten työtehtävä teoriassa suoritetaan.

Lisäksi on tärkeää varmistaa, että arvioinnissa otetaan huomioon sekä rutiinitoimet että rutiineista poikkeavat tai satunnaiset toimet. Näitä voivat olla seuraavat:

- puhdistaminen
- kunnossapito
- huolto
- korjaus
- uusien laitteistojen asennus
- käyttöönotto
- käytöstäpoisto.

5.3 Vaihe 2 – Vaarojen ja riskialttiiden henkilöiden yksilöinti

5.3.1 Vaarojen yksilöinti

Sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien vaarojen yksilöimiseksi on ensiksi yksilöitävä toiminnat ja laitteet, jotka työpaikalla synnyttävät sähkömagneettisia kenttiä. On hyödyllistä verrata tätä luetteloa luvun 3 taulukkoon 3.2, sillä monesti toiminnan luonne tai laitteen rakenne on sellainen, että syntyvät kentät ovat heikkoja. Tällaisista heikoista kentistä ei aiheudu vaaraa – ei edes silloin, jos lukuisia tällaisia toimintoja tai laitteita on käynnissä lähellä.

EMF-direktiivissä otetaan huomioon se, että tietyt työpaikat, jotka ovat yleisölle avoimia, on jo saatettu arvioida väestön sähkömagneettisille kentille altistumisen rajoittamisesta annetun neuvoston suosituksen 1999/519/EY yhteydessä. Mikäli asianomaisilla työpaikoilla noudatetaan kyseistä neuvoston suositusta ja terveys- ja turvallisuusriskit voidaan sulkea pois, altistumista koskevia lisäarviointeja ei vaadita. Näiden ehtojen katsotaan täyttyvän, mikäli

- yleisön käyttöön tarkoitettuja laitteita käytetään asianmukaisesti
- laitteet noudattavat tuotedirektiivejä, joissa säädetään tiukemmista turvallisuustasoista kuin EMF-direktiivissä.
- mitään muita laitteita ei käytetä.

Luvun 3 taulukosta 3.2 on hyötyä myös niiden toimintojen ja laitteiden yksilöinnissä, jotka todennäköisesti edellyttävät yksityiskohtaista arviointia.

Tietyt lähteet synnyttävät voimakkaita kenttiä, joihin ei ole kosketusta laitteen tavanomaisen käytön aikana, koska laite on suojattu kotelolla tai kyseiset työalueet on varustettu suojuksilla. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää pohtia, voivatko työntekijät päästä kosketuksiin voimakkaiden kenttien kanssa kunnossapidon, huollon taikka korjauksen aikana.

Laitteiden valmistajien ja asentajien on otettava huomioon, että osittain koottuja laitteita testattaessa työntekijät saattavat päästä kosketuksiin sellaisten voimakkaiden kenttien kanssa, joihin ei normaaliolosuhteissa ole kosketusta.

5.3.2 Olemassa olevien ehkäisevien ja varotoimenpiteiden yksilöinti

Useimmilla työpaikoilla on jo käytössä erilaisia ehkäiseviä toimenpiteitä ja varotoimenpiteitä, joilla työpaikan riskejä voidaan poistaa tai vähentää. Toteutetut toimenpiteet voivat liittyä nimenomaisesti sähkömagneettisiin kenttiin. Toisinaan taas toimenpiteet on voitu ottaa käyttöön muiden vaarojen takia, mutta niitä voidaan käyttää myös rajoittamaan pääsyä kosketuksiin sähkömagneettisten kenttien kanssa.

On siis tärkeää yksilöidä olemassa olevat ehkäisevät ja varotoimenpiteet riskinarviointiprosessissa huomioon otettavissa tiedoissa.

5.3.3 Riskialttiiden henkilöiden yksilöinti

On välttämätöntä yksilöidä henkilöt, joille voi aiheutua vahinkoa tarkasteltavana olevista vaaroista. Tällaisia henkilöitä yksilöitäessä on tärkeää ottaa huomioon työpaikan kaikki työntekijät. Pitäisi olla yksinkertaista yksilöidä ne työntekijät, jotka suorittavat työtehtäviä tai käyttävät laitteita, joista syntyy voimakkaita kenttiä. On kuitenkin tärkeää ottaa huomioon ne työntekijät, jotka suorittavat muita tehtäviä tai työskentelevät muiden laitteiden kanssa mutta jotka saattavat myös altistua kyseisille kentille. Esimerkiksi työpajatapaustutkimuksessa (oppaan osa 2) toteutetusta työpöydälle asennettavan pistehitsauskoneen synnyttämien kenttien arvioinnista käy ilmi, että kenttä ei ole voimakkain laitteen käyttäjän kohdalla vaan pikemminkin laitteen sivulla. Jos hitsauskone on käytävän välittömässä läheisyydessä, muut työntekijät saattavat ohi kulkiessaan altistua voimakkaammille kentille kuin laitteen käyttäjä.

Lisäksi on tärkeää huomioida riskit, joita kohdistuu henkilöihin, jotka eivät ole yrityksen varsinaisia työntekijöitä mutta jotka voivat kuitenkin olla läsnä työpaikalla. Tähän ryhmään kuuluvat vierailijat, huoltoteknikot, muut urakoitsijat ja tavarantoimittajat.

5.3.4 Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Arvioinnissa on otettava huomioon työntekijät, jotka voivat olla erityisen alttiita riskeille. EMF-direktiivissä mainitaan erikseen neljä tällaista työntekijäryhmää (ks. lisätiedot taulukosta 3.1):

- työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita
- työntekijät, joilla on passiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita
- työntekijät, joilla on keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita
- raskaana olevat työntekijät.

Näihin ryhmiin kuuluvat työntekijät voivat olla muuta työväestöä alttiimpia riskeille, jotka aiheutuvat sähkömagneettisista kentistä, ja heihin on sovellettava erityistä riskinarviointia (ks. jakso 5.4.1.3 jäljempänä). Toisinaan arvioinnin perusteella voidaan todeta, että riski on siedettävä, mutta joissain tapauksissa on ehkä muutettava näiden työntekijöiden työolosuhteita riskin vähentämiseksi.

5.4 Vaihe 3 – Riskien arviointi ja tärkeysjärjestykseen asettaminen

5.4.1 Riskin arviointi

Riskinarviointi ei ole välttämättä monimutkaista: arviointi voi olla yksinkertainen arvio siitä, onko riski pieni, kohtalainen vai suuri, tai kehittynyt määrällinen analyysi tai jotain näiden väliltä. Yksinkertainen arviointi on yleensä asianmukainen silloin, kun kaikki kentät ovat heikkoja, kuten silloin, kun kaikkien toimien ja laitteiden kohdalle on taulukon 3.2 kaikkiin sarakkeisiin merkitty ”Ei”. Arviointi on kuitenkin todennäköisesti monimutkaisempi silloin, kun kenttien oletetaan olevan voimakkaita, ja arviointiin voi kuulua määrällistä arviointia vaarojen suuruuden määrittämiseksi.

Riskinarvioinnissa olisi otettava huomioon sekä vaarallisen tapahtuman vakavuus että tapahtuman esiintymistodennäköisyys.

Vakavuusluokituksen tulisi ilmentää vaarallisen tapahtuman odotettuja seurauksia. Sähkömagneettisten kenttien vuorovaikutuksesta voi työpaikalla aiheutua monia erilaisia ja vakavuusasteeltaan vaihtelevia seurauksia. Seuraavassa annetaan esimerkkejä mahdollisista seurauksista ja niiden vakavuusasteista. Käytännössä arvioitsija käyttää vakavuusasteen määrittämisessä omaa harkintaansa, ja määrittäminen lopputulokseen vaikuttavat asianomaisen kentän voimakkuus ja muut paikalliset olosuhteet.

Taulukko 5.3 Esimerkkejä mahdollisista seurauksista, joita sähkömagneettisten kenttien vuorovaikutuksesta voi työpaikalla aiheutua, ja niiden vakavuusasteista

Seuraus	Vakavuus
Huimauksen ja pahoinvoinnin tunne Valovälähdykset silmissä (fosfeenit) Pistelyn tunne tai kipu (hermojen stimulaatio) Kudosten lievä lämpeneminen Mikroaaltojen kuuleminen	Vähäinen
Ferromagneettisten esineiden sinkoutuminen staattisissa magneettikentissä Häiriöt implantoiduissa lääkinnällisissä laitteissa Kudosten merkittävä lämpeneminen	Vakava
Syttyvien kaasujen syttyminen Sytyttimien laukeaminen	Hyvin vakava

Tapahtuman todennäköisyyttä arvioitaessa on otettava huomioon useita eri tekijöitä, muun muassa mahdollisuus päästä kosketuksiin kentän kanssa ja suoritettavien työtehtävien luonne. Useimmiten voimakkaiden kenttien kanssa kosketuksiin pääsyä on rajoitettu muista syistä, esimerkiksi mekaanisten vaarojen tai sähkövaarojen takia. Tällaisissa tapauksissa lisärajoituksille ei ole tarvetta. Todennäköisyyden arvioinnissa olisi yhtälailla tarkasteltava myös työprosessia. Esimerkiksi induktiouuni saattaa käydä alkulämmitysvaiheessa täydellä teholla, mutta työntekijät eivät yleensä välttämättä ole tässä kierron vaiheessa lähellä uunia. Myöhemmin – kun panos on sulanut – uuni voi toimia pienemmällä teholla, ja kentät ovat tällöin huomattavasti heikompia.

Riskin arvioinnissa on otettava huomioon mahdolliset olemassa olevat ehkäisevät tai varoitoimenpiteet, jotka on jo otettu käyttöön (ks. jakso 5.3.2).

Sähkömagneettisista kentistä voi aiheutua riskejä sekä suorien että epäsuorien vuorovaikutusten kautta, ja näitä riskejä on arvioitava erikseen. Lisäksi tietyt työntekijät voivat olla erityisen alttiita riskeille (ks. jakso 5.3.4 edellä), joten tällaisiin työntekijöihin kohdistuvia riskejä on erityisesti arvioitava.



Keskeinen sanoma: riskinarviointi

Riskinarviointi ei välttämättä ole monimutkaista, ja työnantajat voivat taulukon 3.2 avulla päättää, miten yksityiskohtainen arvioinnin on oltava. Arvioinnissa olisi otettava huomioon sekä vaarallisen tapahtuman vakavuus että tapahtuman esiintymistodennäköisyys.

5.4.1.1 Suorat vaikutukset

Arvioitaessa riskejä, jotka aiheutuvat sähkömagneettisten kenttien ja työntekijöiden välisestä suorasta vuorovaikutuksesta, on otettava huomioon kenttien ominaisuudet. Eniten vaaran suuruuteen vaikuttavat kentän taajuus (tai taajuudet) ja kentän voimakkuus. Kuitenkin myös muut tekijät, kuten aallon muoto, kentän tasaisuus ja kentän voimakkuuden ajalliset muutokset, voivat olla merkittäviä.

Tältä osin arvioinnin kannalta on keskeistä määrittää, voiko työntekijöiden altistuminen ylittää altistumisen raja-arvot (ks. luku 6). Mikäli altistumisen raja-arvot eivät voi ylittyä, suorista vaikutuksista ei aiheudu vaaraa.

Altistumisen raja-arvojen mittaaminen tai laskeminen ajallisesti vaihtelevista kentistä, joiden taajuudet ovat 1 Hz:n ja 6 GHz:n välillä, ei yleensä ole helppoa, ja useimpien työnantajien on kätevempää arvioida sitä, ylittävätkö suoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot näillä kentillä. Jos toimenpidetasot eivät ylity, altistumisen raja-arvotkaan eivät voi ylittyä.

EMF-direktiivissä työnantajilta ei vaadita laskelmia tai mittauksia sen määrittämiseksi, että toimenpidetasot eivät ylity, paitsi silloin, jos näitä tietoja ei ole saatavilla muualta. Monet työnantajat tulevat huomaamaan, että kaikkien heidän toimintojensa ja laitteidensa osalta vastaus taulukon 3.2 kaikkiin kolmeen sarakkeeseen on "Ei". Tällaisessa tapauksessa toimenpidetasot eivät ylity edes silloin, kun useita toimintoja tai laitteita on lähietäisyydellä toisistaan. Vaikka tiettyjä toimintoja tai laitteita ei sisältyisi taulukkoon 3.2, voi kuitenkin muualta olla saatavilla tietoja, jotka vahvistavat, että toimenpidetasot eivät ylity (ks. luku 7).

Mikäli työnantajat eivät pysty osoittamaan helposti saatavilla olevien tietojen pohjalta, että he noudattavat toimenpidetasoja tai altistumisen raja-arvoja, he voivat joko tehdä yksityiskohtaisen arvioinnin (ks. luku 8) tai harkita sellaisten toimenpiteiden käyttöön ottamista, jotka rajoittaisivat pääsyä kosketuksiin kenttien kanssa (ks. luku 9).

5.4.1.2 Epäsuorat vaikutukset

Sähkömagneettiset kentät voivat aiheuttaa turvallisuus- ja terveysriskejä vuorovaikutuksessa kentässä olevien kohteiden kanssa. EMF-direktiivissä edellytetään, että myös nämä riskit arvioidaan ja että näitä riskejä arvioidaan erillään suorista vaikutuksista aiheutuvista riskeistä.

EMF-direktiivissä yksilöidään useita epäsuoria vaikutuksia, joiden arvioiminen saattaa olla tarpeen. Näitä ovat seuraavat:

- häiriöt lääkinällisissä sähkölaitteissa ja -välineissä, kuten sydämentahdistimissa ja muissa implanteissa tai keholla mukana kannettavissa lääkinällisissä laitteissa
- ferromagneettisten esineiden aiheuttama sinkoutumisriski staattisissa magneettikentissä
- sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden (syttyttimien) laukeaminen
- indusoituvien kenttien, kosketusvirtojen tai kipinäpurkausten synnyttämän kipinöinnin aiheuttamasta herkästi syttyvien aineiden syttymisestä johtuvat tulipalot ja räjähdykset
- kosketusvirrat.

Monet näistä epäsuorista vaikutuksista ilmenevät vain tietyissä tilanteissa, joten useimpien työnantajien on ensiksi pohdittava, onko ylipäänsä todennäköistä, että tällaisia riskejä esiintyy heidän työpaikoillaan.

EMF-direktiivissä määritellään työnantajien avuksi toimenpidetasot kahden epäsuorien vaikutusten ryhmän – nimittäin ferromagneettisten esineiden staattisissa magneettikentissä aiheuttaman sinkoutumisriskin ja kosketusvirtojen – aiheuttamien riskien arviointiin. Jos toimenpidetaso ei ylity, riski on matala eikä edellytä ehkäiseviä tai varotoimenpiteitä.

Muille epäsuorien vaikutusten ryhmille ei ole määritetty toimenpidetasoja, mutta eurooppalaiset standardit sisältävät lisäohjeita riskien arviointiin. Tätä seikkaa käsitellään tarkemmin oppaan liitteessä E.

5.4.1.3 Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Erityisen riskialttiiden työntekijöiden (ks. taulukko 3.1) arviointi on yleensä monimutkaisempaa. Suoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot eivät välttämättä anna näille työntekijöille riittävää suojaa, joten erillinen arviointi on tarpeen.

Työntekijöille, joilla on lääkinnällisiä implantteja taikka keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita, on saatettu antaa tarkkaa tietoa kenttien turvallisuudesta voimakkuuksista. Mikäli heille on annettu tällaista tietoa, nämä tiedot on otettava arviointiperusteiksi ja ne ovat ensisijaisia mahdollisesti saatavilla oleviin yleistietoihin nähden. Esimerkiksi sydämentahdistimen käyttäjiä koskevassa arvioinnissa RF-plasmalaitteita käsittelevässä tapaustutkimuksessa (oppaan osa 2) hyödynnetään valmistajan tietoja.

Mikäli lääkinnällisistä implanteista tai keholla mukana kannettavista lääkinnällisistä laitteista ja riskeistä raskaana oleville työntekijöille ei ole saatavilla tarkkaa tietoa, työnantajien tulisi perehtyä oppaan liitteessä E oleviin ohjeisiin.



Keskeinen sanoma: huomioon otettavat seikat

Arvioidessaan sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä työnantajien tulisi ottaa huomioon sekä suorista että epäsuorista vaikutuksista aiheutuvat riskit. Tiedyt työntekijät voivat olla erityisen alttiita sähkömagneettisista kentistä aiheutuille riskeille (ks. taulukko 3.1), ja tämä seikka on myös otettava arvioinnissa huomioon.

5.5 Vaihe 4 – Ehkäisevistä toimenpiteistä päättäminen

Jos riskejä yksilöidään, on ensiksi kysyttävä, voidaanko riskit poistaa. Voitaisiinko kentän voimakkuutta pienentää tasolle, josta ei aiheudu riskiä, vai voitaisiinko työntekijöitä estää pääsemästä kosketuksiin kentän kanssa?

Mahdollisuuksien mukaan päätökset ehkäisevistä toimenpiteistä olisi tehtävä uusien prosessien tai laitteiden suunnittelu- tai ostovaiheissa.

Tämän oppaan luvussa 9 annetaan ohjeita siitä, millaisia ehkäiseviä ja suojaavia toimenpiteitä voidaan käyttää sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien minimoimiseksi. Yleisten suojelutoimenpiteiden tulisi aina olla ensisijaisia yksilöllisiin suojelutoimenpiteisiin nähden.

5.6 Vaihe 5 – Toimenpiteisiin ryhtyminen

Mikäli toimenpiteisiin on ryhdyttävä, on tärkeää asettaa toteutettavat ehkäisevät tai suojaavat toimenpiteet tärkeysjärjestykseen. Ensisijaisuus tulisi yleensä määrittellä riskin suuruuden ja vaarallisen tapahtuman esiintymisestä aiheutuvien seurausten vakavuuden perusteella. Kaikkia uusia toimenpiteitä ei ehkä välttämättä voi ottaa käyttöön heti. Tällaisessa tilanteessa on harkittava, voitaisiinko ottaa käyttöön joitakin tilapäisiä toimenpiteitä, joiden turvin työtä voitaisiin jatkaa siihen saakka, kun pysyvät ehkäisevät toimenpiteet on otettu käyttöön. Vaihtoehtoisesti voidaan päättää, että työt on keskeytettävä ja niitä jatketaan vasta, kun uudet toimenpiteet on otettu käyttöön.

5.7 Riskinarvioinnin dokumentointi

Riskinarvioinnin tulokset on tärkeää kirjata. Kirjatuista tiedoista tulisi käydä ilmi riskinarvioinnin keskeiset osatekijät, mukaan lukien yksilöidyt vaarat, työntekijät, jotka voivat olla alttiita riskeille, ja arvioinnin tulokset. Jos arvioinnissa on yksilöity työntekijöitä, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, heitä koskevat tiedot olisi niin ikään kirjattava. Mahdollisia uusia ehkäiseviä tai varotoimenpiteitä koskevat vaatimukset ja arvioinnin myöhempää uudelleentarkastelua koskevat järjestelyt pitäisi kirjata.

5.8 Riskinarvioinnin seuranta ja uudelleentarkastelu

Riskinarviointia on tärkeää tarkastella säännönmukaisesti uudelleen sen määrittämiseksi, oliko arviointi asianmukainen ja olivatko ehkäisevät tai suojaavat toimenpiteet tehokkaita. Uudelleentarkastelussa tulisi huomioida laitteiden kuntoa koskevien rutiinitarkastusten tulokset, sillä laitteiden kunnan heikkeneminen saattaa vaikuttaa riskinarvioinnin päätelmiin. Riskinarvioinnin uudelleentarkastelu on niin ikään hyvin tärkeää silloin, jos käytettävät laitteet muuttuvat tai työkäytäntöjä muutetaan.

Työnantajien on myös syytä muistaa, että työntekijöiden tila voi muuttua. Työntekijälle voidaan esimerkiksi asentaa lääkinällinen implantti tai hän voi tulla raskaaksi. Tällainen muutos edellyttää riskinarvioinnin uudelleentarkastelua sen määrittämiseksi, onko riskinarviointi yhä asianmukainen.

Jos työntekijöihin kohdistuu tilapäinen altistus, joka ylittää magneettikenttien matalan toimenpidetason (EMF-direktiivin liitteessä II oleva taulukko B2) tai minkä tahansa aistimusraja-arvoista, heillä voi ilmetä hetkellisiä oireita. Tällaisia oireita ovat seuraavat:

- huimaus tai pahoinvointi, joka johtuu altistumisesta staattisille ja pientaajuuksisille magneettikentille
- aistihavainnot, kuten valovälähdykset (fosfeenit), tai aivotoiminnan vähäiset muutokset, jotka johtuvat altistumisesta pientaajuuksisille sähkömagneettisille kentille
- aistihavainnot, kuten "mikroaaltojen kuuleminen", jotka aiheutuvat altistumisesta pulssimuotoisille radiotaajuuskentille tietyissä erityisolosuhteissa (ks. jakso B5).

Jos työntekijät kertovat tällaisista oireista, työnantajan tulisi tarkastella riskinarviointia uudelleen ja tarvittaessa päivittää se. Tämän seurauksena saatetaan valita ehkäiseviä tai suojaavia lisätoimenpiteitä.

Jakso 3

VAATIMUSTENMUKAISUUDEN ARVIOINNIT

6 ALTISTUMISEN RAJA-ARVOJEN JA TOIMENPIDETASOJEN SOVELTAMINEN

Kuten luvussa 2 todettiin, sähkömagneettisille kentille altistumisen vaikutukset voivat vaihdella taajuuden mukaan. Siksi EMF-direktiivissä säädetään altistumisen raja-arvoista

- muille kuin lämpövaikutuksille (0–10 MHz) liitteessä II
- lämpövaikutuksille (100 kHz–300 GHz) liitteessä III.

Tästä seuraa, että oikeaa altistumisen raja-arvoa ei yleensä pystytä valitsemaan ennen kuin tiedetään sähkömagneettisen kentän taajuus (tai taajuudet). Mainitut kaksi vaihteluväliä ovat, kuten voidaan nähdä, keskenään päällekkäisiä. Näin ollen välissä olevalla taajuusalueella (100 kHz – 10 MHz) voi ilmetä sekä lämpö- että muita kuin lämpövaikutuksia, joten kummatkin altistumisen raja-arvot on otettava huomioon.

Taajuuksille 1 Hz:n ja 6 GHz:n välillä altistumisen raja-arvot määritellään kehon sisäisinä suureina, joita ei voida helposti mitata tai laskea. Siksi EMF-direktiivissä säädetään myös toimenpidetasoista, jotka määritellään ulkoisina kenttäsuureina, joiden mittaus tai laskenta on suhteellisen helppoa. Toimenpidetasot johdetaan altistumisen raja-arvoista konservatiivisten oletusarvojen pohjalta, joten kyseisiä toimenpidetasoja noudattamalla voidaan aina varmistaa, että myös vastaavia altistumisen raja-arvoja noudatetaan. Kuitenkin on myös mahdollista ylittää toimenpidetaso mutta kuitenkin yhä noudattaa altistumisen raja-arvoa. Tätä käsitellään tarkemmin jaksossa 6.1. Kuvassa 6.1 havainnollistetaan prosessia, jonka avulla päätetään, arvioidaanko vaatimustenmukaisuutta toimenpidetasoilla vai altistumisen raja-arvoilla.

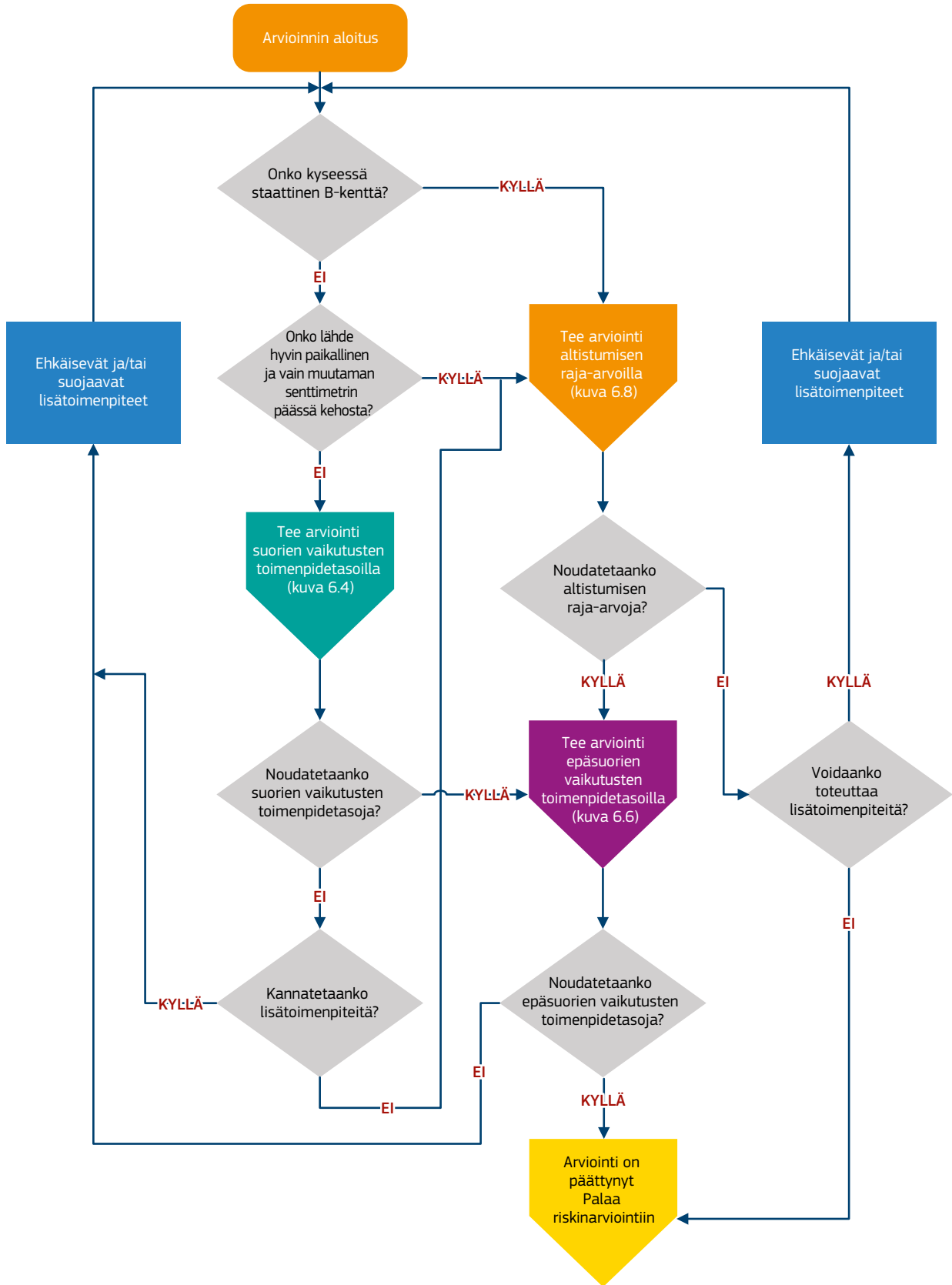
Toimenpidetasoihin tai altistumisen raja-arvoihin vertaamalla saadut tiedot otetaan huomioon riskinarviointiprosessissa. Jos työnantaja ei pysty osoittamaan noudattavansa toimenpidetasoja, hän voi suorittaa arvioinnin altistumisen raja-arvoilla. Tällainen arviointi on kuitenkin todennäköisesti monimutkainen ja siten myös kallis. Monissa tapauksissa voidaan toteuttaa lisätoimenpiteitä toimenpidetasojen tai altistumisen raja-arvojen täyttämiseksi. Kun työnantaja on joko osoittanut noudattavansa vaatimuksia tai käynyt läpi kaikki mahdolliset lisätoimenpidevaihtoehdot, hän jatkaa riskinarviointiprosessia (ks. luku 5).

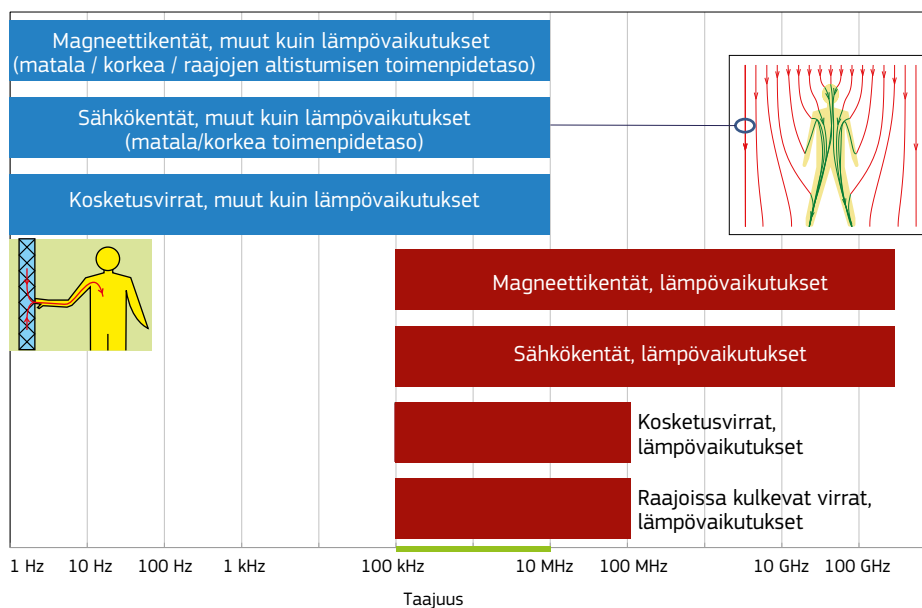
Työntekijöiden altistumisen ja altistumisen raja-arvoihin vertaamisen kattava arviointi voi olla monimutkainen tehtävä, eikä sitä voida tyhjentävästi käsitellä tässä oppaassa. Lisätietoja arvioinneista annetaan oppaan liitteessä D. Tämän luvun päätarkoituksena on kuitenkin selittää, miten altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen järjestelmä toimii käytännössä, jotta työnantajat voivat päättää, suorittavatko he arvioinnit itse vai turvautuvatko he ammattilaisen apuun.

Direktiivissä määritellään useita eri toimenpidetasoja, joista useampaa voidaan soveltaa samanaikaisesti. Toimenpidetasot liittyvät joko suoriin tai epäsuoriin vaikutuksiin. Pienillä taajuuksilla sähkö- ja magneettikenttiä voidaan pitää erillisinä (niin sanottu kvasistaattinen approksimaatio), ja molemmat kentät indusoivat kehoon sähkökenttiä. Näin ollen pientaajuuksille sähkö- ja magneettikentille on määritelty erilliset toimenpidetasot. Myös kosketusvirralle on määritelty toimenpidetasot.

Kun taajuus kasvaa, kentät kytkeytyvät toisiinsa yhä tiiviimmin ja niiden vuorovaikutus kehon kanssa muuttuu, jolloin energian kertyminen kehoon aiheuttaa lämpövaikutuksia. Sähkö- ja magneettikentille on määritelty omat toimenpidetasot tällaisille taajuuksille. Yli 6 GHz:n taajuuksilla sovelletaan lisäksi tehotiheyttä koskevaa toimenpidetasoa, joka liittyy sekä sähkö- että magneettikentän voimakkuuksiin. Lisäksi on olemassa toimenpidetasot indusoituneille raajassa kulkeville virroille, jotka liittyvät niin ikään lämpövaikutuksiin, ja kosketusvirroille. Toimenpidetasojen järjestelmää havainnollistetaan kuvassa 6.2.

Kuva 6.1 Prosessi, jonka avulla päätetään, arvioidaanko vaatimustenmukaisuutta toimenpidetasoilla vai altistumisen raja-arvoilla



Kuva 6.2 Eri taajuusalueilla sovellettavat toimenpidetasot.

Siniset palkit kuvaavat muita kuin lämpövaikutuksia, ja punaiset palkit kuvaavat lämpövaikutuksia. Kun taajuusalue on merkitty vihreällä, edellytetään toimenpidetasojen noudattamista sekä muiden kuin lämpövaikutusten (sähkökentät, magneettikentät ja kosketusvirrat) että lämpövaikutusten (sähkö- ja magneettikentät) osalta.

Altistumisen raja-arvot ja niihin liittyvät toimenpidetasot perustuvat kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komitean (ICNIRP) julkaisemiin ohjeisiin. Lisätietoja järjestelmän perustana olevista periaatteista on luettavissa näistä ohjeista, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.icnirp.org (ks. Resurssit liitteessä I).

EMF-direktiivissä edellytetään, että jäsenvaltiot ottavat altistumisen raja-arvot osaksi kansallista lainsäädäntöään, jolloin työnantajat ovat oikeudellisesti sidottuja noudattamaan näitä raja-arvoja. EMF-direktiivi sisältää säännöksiä, joiden nojalla komissio voi tarvittaessa tarkistaa toimenpidetasoja.



Keskeinen sanoma: toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot

Useimpien työnantajien on yksinkertaisempi osoittaa niiden toiminnan noudattavan toimenpidetasoja kuin altistumisen raja-arvoja, vaikkakin vaatimustenmukaisuuden poikkeamat voivat usein olla toimenpidetasoissa suurempia. Tämän lisäksi tietyille – joskaan ei kaikille – epäsuorille vaikutuksille on asetettu toimenpidetasot. Toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot eivät yleensä takaa riittävää suojaa työntekijöille, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.

6.1 Suorien vaikutusten toimenpidetasot

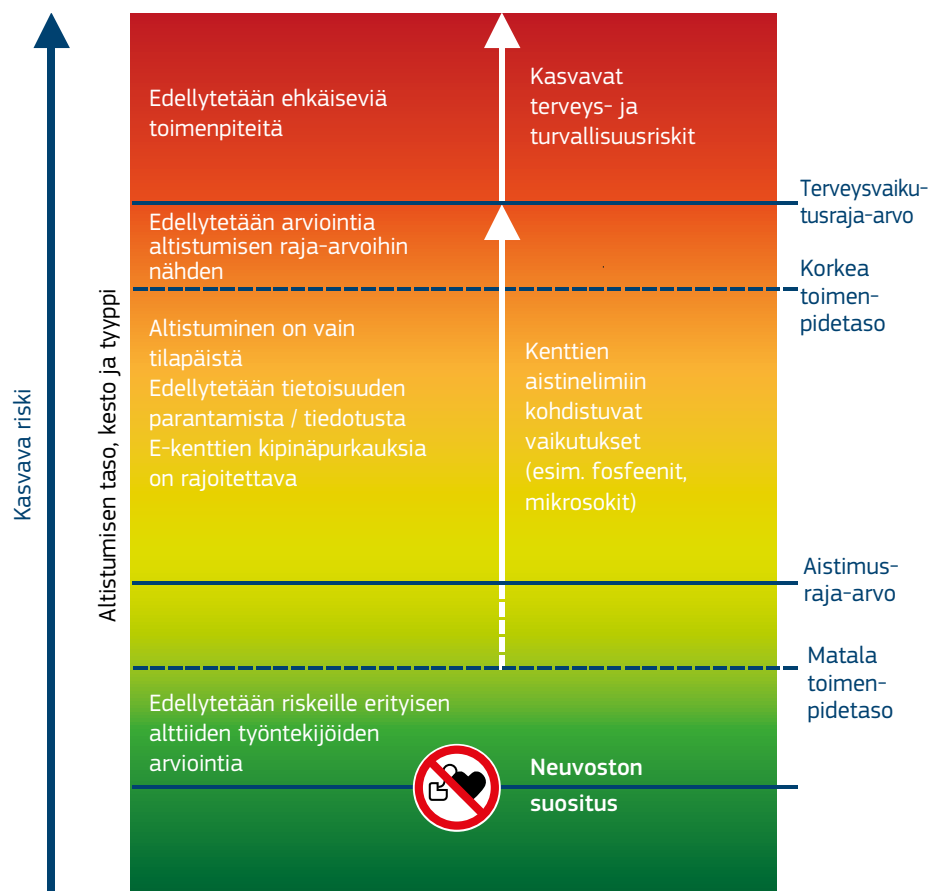
Kuten edellä on todettu, suorien vaikutusten toimenpidetasot on johdettu vastaavista altistumisen raja-arvoista tietokonemallinnuksen avulla ja käyttäen oletuksena pahimmassa tapauksessa ilmeneviä vuorovaikutuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että toimenpidetasojen noudattamisella taataan vastaavien altistumisen raja-arvojen noudattaminen. Monissa tilanteissa on kuitenkin mahdollista ylittää toimenpidetaso ja silti edelleen noudattaa vastaavaa altistumisen raja-arvoa. Toimenpidetasojen ja altistumisen raja-arvojen välistä suhdetta havainnollistetaan kuvassa 6.3. Useimmat työnantajat voivat suorien vaikutusten toimenpidetasoilla useimmissa tilanteissa suhteellisen yksinkertaisesti osoittaa sen, että perustana olevia altistumisen raja-arvoja noudatetaan.

Kaikki toimenpidetasot on määritetty kentille ilman työntekijän kehon aiheuttamaa häiriövaikutusta.

Jos toimenpidetasojen noudattamista ei kyetä osoittamaan, työnantajat voivat joko toteuttaa suojaavia ja ehkäiseviä toimenpiteitä tai arvioida vaatimustenmukaisuutta suoraan altistumisen raja-arvoihin nähden. Päätöstä tehdessään työntekijöiden tulee huomioida, että altistumisen raja-arvojen suhteen tehtävän arvioinnin tuloksen perusteella voidaan silti vaatia suojaavien ja ehkäisevien toimenpiteiden toteuttamista.

Suorien vaikutusten toimenpidetasojen valintaprosessia havainnollistetaan kuvan 6.4 vuokaaviossa.

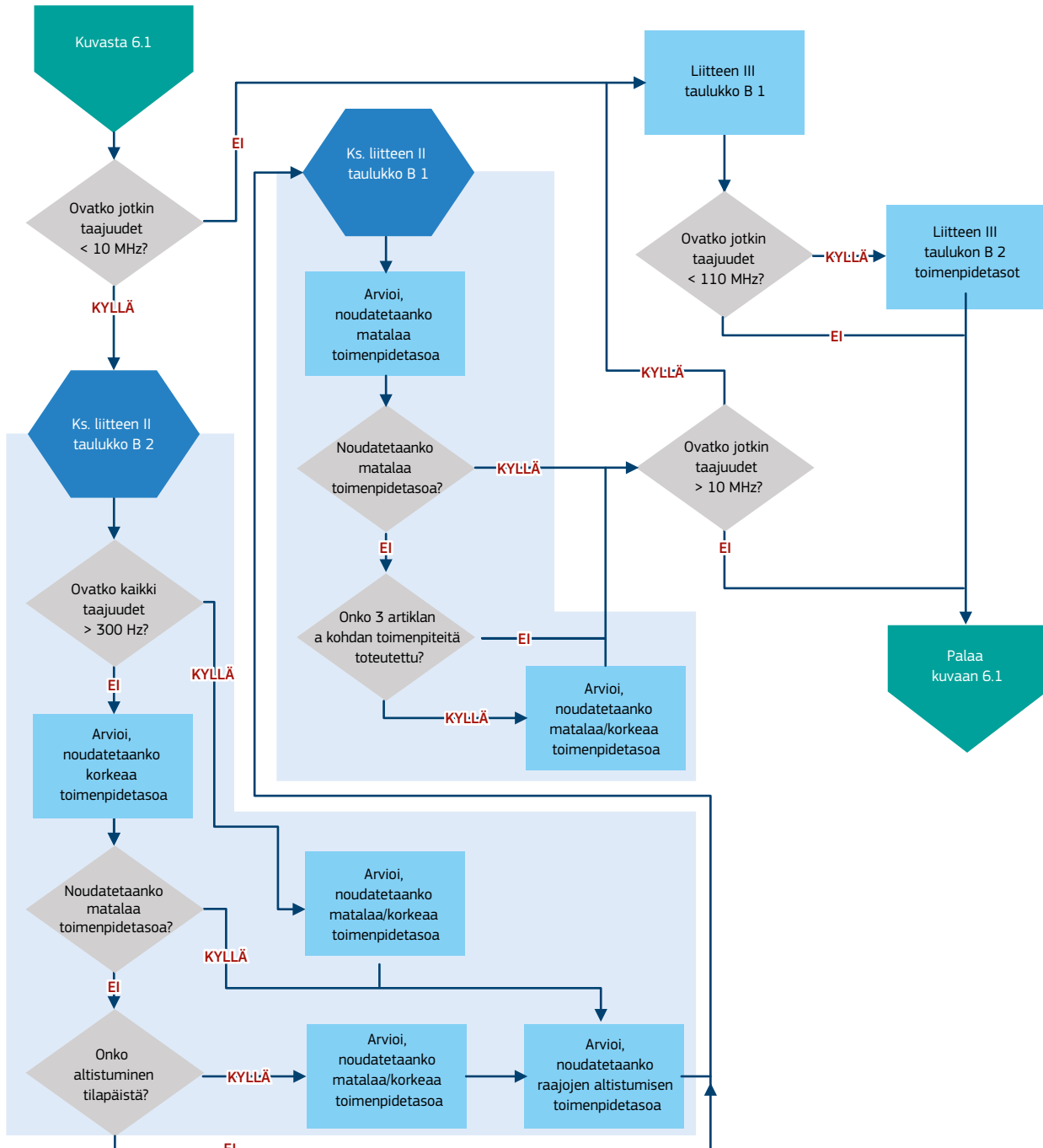
Kuva 6.3 Kaavio altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen välisestä suhteesta



6.1.1 Sähkökenttien toimenpidetasot (1 Hz–10 MHz)

EMF-direktiivissä määritellään kaksi toimenpidetasoa pientaajuuksisille sähkökentille, nimittäin matala ja korkea toimenpidetaso. Matalan ja korkean toimenpidetason perusajatusta havainnollistetaan edellä kuvassa 6.3. Matalaa toimenpidetasoa noudattamalla varmistetaan, että kumpikaan sovellettavista altistumisen raja-arvoista ei ylity, ja estetään lisäksi häiritsevät kipinäpurkaukset työympäristössä.

Kuva 6.4 Vuokaavio suorien vaikutusten toimenpidetasojen valintaan ("Liite" viittaa direktiivin sähkömagneettisista kentistä liitteisiin)



Mikäli sähkökenttien voimakkuudet eivät ylitä matalaa toimenpidetasoa, kumpikaan sovellettavista altistumisen raja-arvoista ei ylity. Mikäli sähkökenttien voimakkuudet taas ylittävät matalan toimenpidetason, korkean toimenpidetason noudattaminen ei yksin riitä estämään häiritseviä kipinäpurkauksia. Näin ollen tällaisessa tilanteessa pitää toteuttaa teknisiä, organisatorisia ja tarvittaessa myös yksilöllisiä suojelutoimenpiteitä kipinäpurkausten rajoittamiseksi.

6.1.2 Magneettikenttien toimenpidetasot (1 Hz–10 MHz)

EMF-direktiivissä määritellään kolme toimenpidetasoa pientaajuuksisille magneettikentille, nimittäin matala, korkea ja raajojen altistumisen toimenpidetaso.

Matalat toimenpidetasot on johdettu aistimusraja-arvoista (ks. jakso 6.3.1), joten niitä noudattamalla taataan sekä aistimusraja-arvojen että terveysvaikutusraja-arvojen noudattaminen. Matalien ja korkeiden toimenpidetasojen arvot ovat samat silloin, kun taajuudet ovat yli 300 Hz.

Korkeita toimenpidetasoja noudattamalla taataan, että terveysvaikutusraja-arvoja, joista toimenpidetasot on johdettu, noudatetaan, mutta sillä ei varmisteta aistimusraja-arvojen noudattamista alle 300 Hz:n taajuuksilla. EMF-direktiivissä sallitaan matalien toimenpidetasojen ylittyminen, mikäli voidaan osoittaa, että aistimusraja-arvot eivät ylity tai ylittyvät ainoastaan tilapäisesti. Terveysvaikutusraja-arvot eivät kuitenkaan saa ylittyä. Työntekijöille on lisäksi tiedotettava mahdollisista hetkellisistä oireista ja tuntemuksista. Mikäli työnantajalle ilmoitetaan hetkellisistä oireista, hänen on tarvittaessa päivitettävä riskinarviointi ja ehkäisevät toimenpiteet.

Raajojen altistumisen toimenpidetasoja noudattamalla varmistetaan se, että noudatetaan terveysvaikutusraja-arvoja, joista toimenpidetasot on johdettu. Raajojen altistumisen toimenpidetasoissa otetaan huomioon se, että kenttä kytkeytyy raajoihin heikommin, mikä tarkoittaa, että nämä toimenpidetasot eivät ole yhtä rajoittavia kuin korkeat toimenpidetasot. Raajojen altistumisen toimenpidetasojen soveltaminen on perusteltua vain silloin, kun koko kehon altistuminen samalla kentän voimakkuudella on epätodennäköistä. Näin ollen näiden toimenpidetasojen soveltaminen olisi perusteltua silloin, kun työntekijä pitelee työkalua, joka synnyttää sähkömagneettisen kentän, mutta ei silloin, jos työkalua pidetään käytön aikana kehoa vasten (kuva 6.5). Kun raajojen altistumista arvioidaan raajojen altistumisen toimenpidetasoon nähden, arvioidaan yleensä myös koko kehon altistusta tapauksen mukaan matalan taikka korkean toimenpidetasoon suhteen.

Kuva 6.5 Työntekijä, joka pitää sähkötyökalua lähellä kehoaan. Tässä tilanteessa kehon ja raajojen altistuminen on samankaltainen, ja noudatettavana raja-arvona sovelletaan matalaa/korkeaa toimenpidetasoa.



6.1.3 Sähkö- ja magneettikenttien toimenpidetasot (100 kHz–300 GHz)

EMF-direktiivissä määritellään 100 kHz:n ja 6 GHz:n välisille taajuuksille sähkökentän voimakkuutta ja magneettivuon tiheyttä koskevat toimenpidetasot, jotka on johdettu terveysvaikutusraja-arvoista. Koska perustana olevat altistumisen raja-arvot ovat ajallisena keskiarvona ilmaistavia arvoja, toimenpidetason neliö on laskettava keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti.

Yli 6 GHz:n taajuuksille EMF-direktiivissä määritellään sähkökentän voimakkuutta, magneettivuon tiheyttä ja tehottiheyttä koskevat toimenpidetasot. Tehottiheyden toimenpidetaso on laskettava keskiarvona kutakin 20 cm²:n suuruista altistunutta aluetta kohti sillä rajoituksella, että 1 cm²:n suuruisen alan keskiarvona laskettu paikallinen enimmäisarvo ei saa ylittää 20-kertaisesti toimenpidetasoa (S). Tehottiheyden toimenpidetasot lasketaan niin ikään ajallisina keskiarvoina: enintään 10 GHz:n taajuuksilla keskiarvo lasketaan kuuden minuutin jaksoa kohti ja suuremmilla taajuuksilla $68/f^{1.05}$ minuutin jaksoa kohti (f on taajuus gigahertseinä). Tässä vaiheessa aika, jonka perusteella keskiarvo lasketaan, alkaa pienentyä taajuuden kasvaessa, mikä ilmentää tunkeutumissyvyyden vähenemistä.

Yli 6 GHz:n taajuuksille sähkökentän voimakkuutta ja magneettivuon tiheyttä koskevat toimenpidetasot johdetaan tehottiheyttä koskevista altistumisen raja-arvoista. Näin ollen – joskaan tätä ei EMF-direktiivissä suoraan mainita – toimenpidetasojen (S) spatiaalisen ja ajallisen keskiarvon laskennan ehtojen tulisi yhdenmukaisuuden tähden päteä niin ikään arvoihin (toimenpidetaso (E))² ja (toimenpidetaso (B))², kun taajuudet ylittävät 6 GHz.

6.1.4 Indusoituneiden raajassa kulkevien virtojen toimenpidetasot (10–110 MHz)

EMF-direktiivissä määritellään toimenpidetasot, jotka koskevat radiotaajuuskentälle altistuneen työntekijän raajoihin indusoituneen radiotaajuusvirran voimakkuutta. Tämä toimenpidetaso liittyy kudosten lämpenemiseen, ja siksi toimenpidetason neliö olisi laskettava keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti.

6.2 Epäsuorien vaikutusten toimenpidetasot

EMF-direktiivissä säädetään toimenpidetasoista, joiden tarkoituksena on suojata työntekijöitä tietyiltä sähkömagneettisiin kenttiin liittyviltä epäsuorilta vaikutuksilta. Epäsuorien vaikutusten toimenpidetasojen valintaprosessia havainnollistetaan kuvan 6.6 vuokaaviossa.

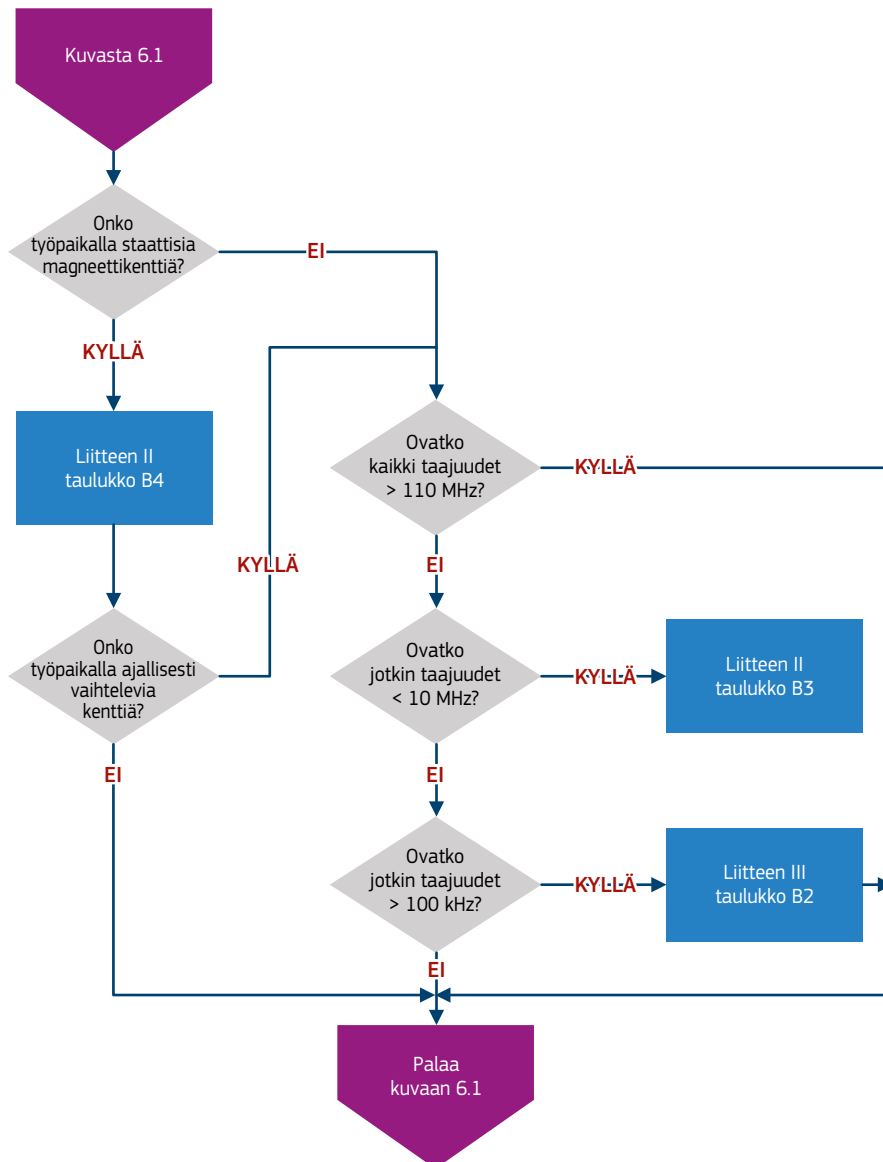
6.2.1 Staattisten magneettikenttien toimenpidetasot

Aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden toimintahäiriöiden rajoittamiseksi direktiivissä määritellään toimenpidetaso, jonka suuruus on 0,5 mT. EMF-direktiivissä säädetään myös 3 mT:n suuruisesta toimenpidetasosta, jolla rajoitetaan sinkoutumisriskiä voimakkaiden kenttien reuna-alueilla (> 100 mT).

6.2.2 Kosketusvirtojen toimenpidetasot (enintään 110 MHz)

EMF-direktiivissä säädetään jatkuvia kosketusvirtoja koskevista toimenpidetasoista, joilla rajoitetaan sähköiskujen ja palovammojen riskiä silloin, kun henkilö koskettaa kentässä sähköä johtavaa esinettä ja toinen näistä on maadoitettu ja toinen ei ole.

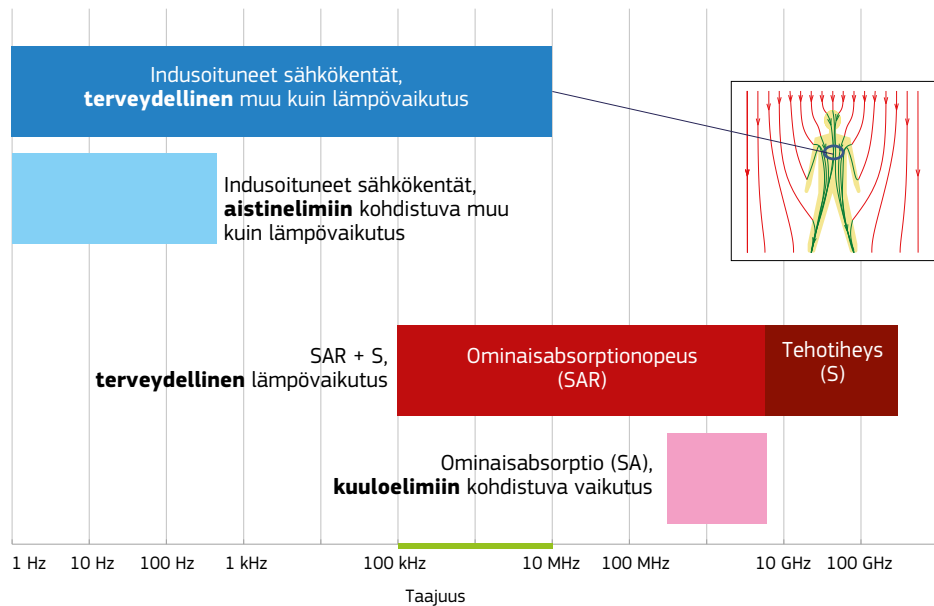
Kuva 6.6 Vuokaavio epäsuorien vaikutusten toimenpidetasojen valintaan (“Liite” viittaa direktiivin sähkömagneettisista kentistä liitteisiin)



6.3 Altistumisen raja-arvot

6.3.1 Aistimus- ja terveysvaikutusraja-arvot

EMF-direktiivissä aistinelimiin kohdistuville vaikutuksille ja terveysvaikutuksille määritellään erilliset altistumisen raja-arvot (kuva 6.7). Aistimusraja-arvoja sovelletaan vain tiettyihin taajuusalueisiin (0–400 Hz ja 0,3–6 GHz). Pienillä taajuuksilla kenttään liittyviä aistihavaintoja ilmenee terveysvaikutuksia matalammilla altistumistasoilla. Lämpövaikutuksia koskevalla aistimusraja-arvolla pyritään estämään ”mikroaaltojen kuulemiseksi” kutsuttu ilmiö, joka ilmenee vain tietyissä tilanteissa (ks. liite B). Sitä vastoin terveysvaikutusraja-arvoja sovelletaan kaikilla taajuuksilla. Yleensä aistimusraja-arvojen lyhytkestoinen tilapäinen ylittyminen on sallittua, mikäli tietyt edellytykset täyttyvät.

Kuva 6.7 Eri taajuusalueilla sovellettavat altistumisen raja-arvot.

Siniset palkit kuvaavat muita kuin lämpövaikutuksia, ja punaiset palkit kuvaavat lämpövaikutuksia.

6.3.2 Altistumisen raja-arvot (0–1 Hz)

Altistumisen raja-arvot taajuusalueella 0–1 Hz määritellään ulkoisen magneettivuon tiheyden perusteella (EMF-direktiivin liitteen II taulukko A1). Aistimusraja-arvot on määritelty huimauksen ja muiden aistihavainnollisten vaikutusten estämiseksi. Nämä vaikutukset aiheutuvat pääasiassa siitä, että sähkökentät indusoituvat kudoksiin kehon liikkuaessa voimakkaassa staattisessa magneettikentässä, joskin nykyään on olemassa näyttöä siitä, että näitä vaikutuksia voi ilmetä myös ilman liikettä. Näin ollen valvotuissa työolosuhteissa, joissa liikutaan vähän ja työntekijöille annetaan asiasta tietoa, aistimusraja-arvojen tilapäinen ylittäminen saattaa olla perusteltua käytännön tai prosessin perusteella. Tässä tapauksessa altistumiset eivät saa ylittää terveysvaikutusraja-arvoja.

6.3.3 Altistumisen raja-arvot (1 Hz–10 MHz)

Altistumisen raja-arvot taajuusalueella 1 Hz–10 MHz määritellään kehoon indusoituvien sisäisten sähkökenttien perusteella (EMF-direktiivin liitteen II taulukot A2 ja A3).

Enintään 400 Hz:n taajuuksiin sovelletaan sekä aistimusraja-arvoja että terveysvaikutusraja-arvoja. Aistimusraja-arvojen tarkoituksena on estää verkkokalvon fosfeenit ja aivotointojen vähäiset hetkelliset muutokset. Niitä sovelletaan siis yksinomaan altistuneen työntekijän pään alueen keskushermostollisiin kudoksiin.

Terveysvaikutusraja-arvoja sovelletaan kaikkiin taajuuksiin 1 Hz:n ja 10 MHz:n välillä, ja niiden tarkoituksena on estää ääreis- ja keskushermoston stimulaatio. Näitä altistumisen raja-arvoja sovelletaan siis altistuneen työntekijän kehoon kaikkiin kudoksiin.

6.3.4 Altistumisen raja-arvot (100 kHz–300 GHz)

Taajuusalueella 100 kHz–6 GHz altistumisesta johtuvan lämpenemisen voimakkuus riippuu siitä, kuinka nopeasti energia absorboituu kudoksiin. Tämä määritellään ominaisabsorptionopeudella (SAR), jota sovelletaan määrittäessä terveysvaikutusraja-arvoja. Koko kehon altistumisille ja paikallisille altistumisille on määritelty erilliset arvot (EMF-direktiivin liitteen III taulukko A1). Koko keholle määritellyt arvot suojaavat lämpörasitukselta ja lämpöhalvaukselta, ja niitä sovelletaan koko kehon keskimääräisen SAR-arvon laskennassa. Paikalliset arvot suojaavat tiettyjä kudoksia lämpöaurioilta, ja näitä arvoja sovelletaan laskettaessa keskimääräistä SAR-arvoa 10 gramman yhtenäistä (tai yhteen kuuluvaa) kudonmassaa kohti. Keskimääräiset SAR-arvot – sekä koko keholle että paikallisesti – lasketaan kuuden minuutin jaksoa kohti.

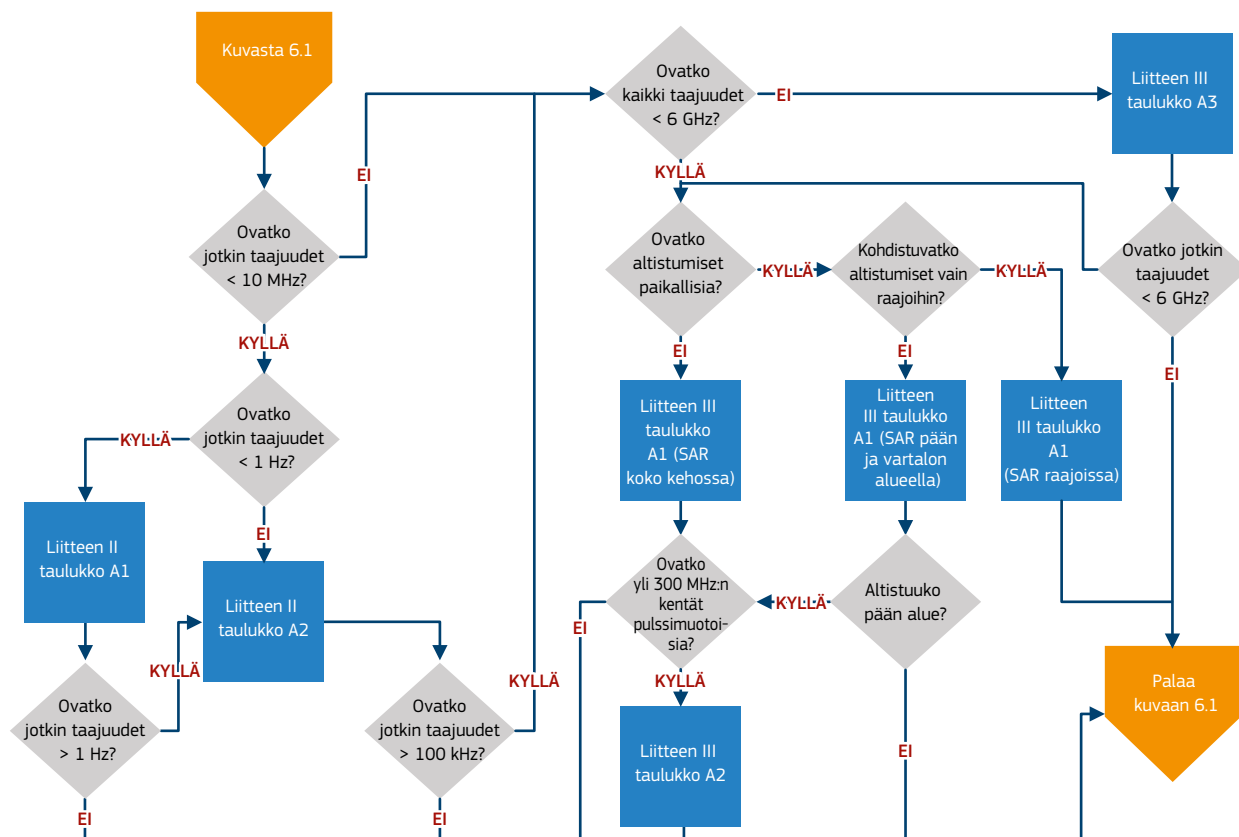
Taajuusalueelle 300 MHz–6 GHz on lisäksi määritelty aistimusraja-arvoja, joiden on tarkoitus estää ”mikroaaltojen kuulemisen” ilmiö, joka aiheutuu altistumisesta pulssimuotoisille kentille (EMF-direktiivin liitteen III taulukko A2). Nämä arvot määritetään keskimääräisenä ominaisabsorptiona (SA) pään alueen 10 grammaa kohti.

Sähkömagneettisen kentän tunkeutumissyvyys keholla pienenee radiotaajuusalueella, joten yli 6 GHz:n taajuuksilla kenttä absorboituu pääasiassa kehon pinnalle. Tämä merkitsee sitä, että näillä taajuuksilla on paljon tärkeämpää rajoittaa kehon pinnalle kohdistuvaa tehotiheyttä kuin sitä, kuinka nopeasti energia absorboituu kudonmassaan. Tehotiheys lasketaan keskiarvona 20 cm²:n suuruista aluetta kohti. Enimmäisarvot, jotka lasketaan 1 cm²:n suuruisen alan keskiarvoina, eivät saa ylittää tiettyä rajaa. Taajuusalueella 6–10 GHz keskimääräinen tehotiheys lasketaan kuuden minuutin jaksoa kohti. Tämän jälkeen aika, jonka perusteella keskiarvo lasketaan, alkaa pienentyä taajuuden kasvaessa, mikä ilmentää tunkeutumissyvyyden vähenemistä (EMF-direktiivin liitteen III taulukko A3).

6.4 Poikkeukset

EMF-direktiivin 10 artiklan nojalla myönnetään 3 artiklaa (altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot) koskeva ehdollinen poikkeus kolmessa tilanteessa. Mainittu 10 artikla ei vaikuta 5 artiklan 1 kohdassa asetettuun työnantajien yleiseen velvollisuuteen varmistaa, että sähkömagneettisista kentistä työpaikalla aiheutuvat riskit poistetaan tai että ne ovat mahdollisimman vähäisiä.

Ensimmäinen poikkeus, joka liittyy magneettiresonanssikuvauksen käyttämiseen terveydenhuollossa, on ehdoton. Muita poikkeuksia sovelletaan jäsenvaltioiden harkinnan mukaan.

Kuva 6.8 Vuokaavio altistumisen raja-arvojen valintaan

6.4.1 Magneettiresonanssikuvausta koskeva poikkeus

Altistumiset, jotka liittyvät potilasiin käytettävien magneettiresonanssikuvauslaitteiden asennukseen, testaukseen, käyttöön, kehitykseen, kunnossapitoon tai niihin liittyvään tutkimukseen terveydenhuollon alalla, voivat ylittää altistumisen raja-arvot, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät:

- (i) riskinarvioinnissa on osoitettu, että altistumisen raja-arvot ylittyvät
- (ii) kaikkia viimeisimmän tekniikan mukaisia teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä on sovellettu
- (iii) altistumisen raja-arvojen ylittyminen on olosuhteiden johdosta asianmukaisesti perusteltua
- (iv) työpaikan, työvälineiden tai työkäytäntöjen ominaispiirteet on otettu huomioon
- (v) työnantaja osoittaa, että työntekijät on edelleen suojattu haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, sekä varmistaa, että valmistajan toimittamia ohjeita laitteiden turvallisesta käytöstä noudatetaan.

Työnantajille annetaan lisätietoja magneettiresonanssikuvausta koskevan poikkeuksen ehtojen täyttämistä oppaan liitteessä F.

6.4.2 Sotilaallista toimintaa koskeva poikkeus

Jäsenvaltioissa voidaan sallia muiden vastaavien suojelujärjestelmien toteuttaminen silloin, kun kyse on työntekijöistä, jotka työskentelevät operatiivisten sotilaallisten laitteistojen kanssa tai osallistuvat sotilaallisiin toimiin. Tämä poikkeus myönnetään sillä ehdolla, että haitalliset terveysvaikutukset ja turvallisuusriskit estetään.

6.4.3 Yleinen poikkeus

Jäsenvaltioissa voidaan sallia altistumisen raja-arvojen tilapäinen ylittyminen sellaisilla erityisillä aloilla ja sellaisessa erityisessä toiminnassa, jotka eivät kuulu kahden muun poikkeuksen soveltamisalaan, asianmukaisesti perustelluissa tapauksissa. Jotta tapausta voidaan pitää asianmukaisesti perusteltuna, seuraavien ehtojen on täyttyvä:

- (i) riskinarvioinnissa on osoitettu, että altistumisen raja-arvot ylittyvät
- (ii) kaikkia viimeisimmän tekniikan mukaisia teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä on sovellettu
- (iii) työpaikan, työvälineiden tai työkäytäntöjen erityiset ominaispiirteet on otettu huomioon
- (iv) työnantaja osoittaa, että työntekijät on edelleen suojattu haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, sekä käyttää vertailukelpoisia, yksityiskohtaisia ja kansainvälisesti tunnustettuja standardeja ja ohjeita.

7 TIETOKANTOJEN JA VALMISTAJAN PÄÄSTÖTIETOJEN KÄYTTÖ

Altistumisia koskevia tietoja voi olla saatavilla laitteiden valmistajilta. Lisäksi valtion tutkimuslaitokset, ammattialajärjestöt tai toimialajärjestöt saattavat kehittää ja ylläpitää tietokantoja altistumisten yleisistä arvioinneista. Mikäli tämäntyyppistä asianmukaista tietoa on saatavilla, sillä työnantajat voivat yksinkertaisesti osoittaa EMF-direktiivin vaatimusten noudattamisen. Tämä merkitsee sitä, että useimpien työnantajien on syytä selvittää tätä vaihtoehtoa, ennen kuin he ryhtyvät arvioimaan altistumisia mittaamalla tai laskemalla.

7.1 Valmistajien toimittamien tietojen käyttö

Työnantajien on tärkeää ymmärtää, että velvollisuudet, jotka heille EMF-direktiivissä on asetettu, liittyvät työntekijän kokonaisaltistukseen eivätkä jostakin tietystä laitteesta aiheutuvaan altistukseen. Arvioinnissa on näin ollen otettava huomioon kaikista työympäristön lähteistä aiheutuva altistuminen. Valmistajat sitä vastoin toimittavat tietoja, jotka koskevat nimenomaisesti heidän valmistamaansa laitetta.

Useimmissa laitetyypeissä kenttien voimakkuudet pienenevät hyvin nopeasti, kun etäisyys lähteestä kasvaa (ks. kuva 3.2). Tämä tarkoittaa sitä, että monissa tapauksissa työntekijän altistus aiheutuu pääosin yhdestä tai pahimmillaan muutamista laitteista, jotka ovat työpisteen välittömässä läheisyydessä. Näin ollen työnantajat tarvitsevat useimmiten tietoja siitä, miten kentät heikkenevät, kun etäisyys laitteesta kasvaa. Tarkastellessaan sitä, mikä osuus monilla eri lähteillä on työntekijän altistumisessa, työnantajien ei pidä unohtaa kenttiä, jotka syntyvät liitännäislaitteistoista, kuten syöttökaapeleista, virtalähteistä ja kytkinlaitteistoista.

Vaikka valmistajien toimittamat tiedot saattavat tarjota helpon ratkaisun altistumisen arvioinnin ongelmaan, työnantajien on kuitenkin suhtauduttava kyseisten tietojen käyttöön harkitsevasti. Valmistajat antavat tietoja laitteisiinsa liittyvistä sähkömagneettisista kentistä monista eri syistä. Valmistaja voi esimerkiksi antaa tietoja laitteen synnyttämän kentän voimakkuudesta siksi, että tieto on olennainen laitteen toiminnan kannalta ja näin osa laitteen teknistä eritelmiä. Tietoja voidaan myös antaa sen osoittamiseksi, että laite noudattaa eurooppalaisten tuotedirektiivien sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevia vaatimuksia (ks. liite G). Tällaiset tiedot voivat olla merkityksellisiä häiriöistä aiheutuvien turvallisuusongelmien kannalta, mutta niistä ei ole hyötyä altistumisen arvioinnissa.

Eniten hyötyä työnantajalle olisi tiedoista, joissa arvioidaan työntekijän tavanomaisia altistumisia laitteen normaalin käytön aikana ja selostetaan, miten kentät heikkenevät etäisyyden kasvaessa. Vaihtoehtoisesti tiedoilla, jotka koskevat kentän voimakkuuksia toimenpidetasoihin suhteutettuna eri kohdissa laitteen ympärillä, työnantajat voivat toteuttaa omia arviointejaan vaatimustenmukaisuudesta käytön aikana.



Keskeinen sanoma: tietokannoista ja valmistajilta saatavat tiedot

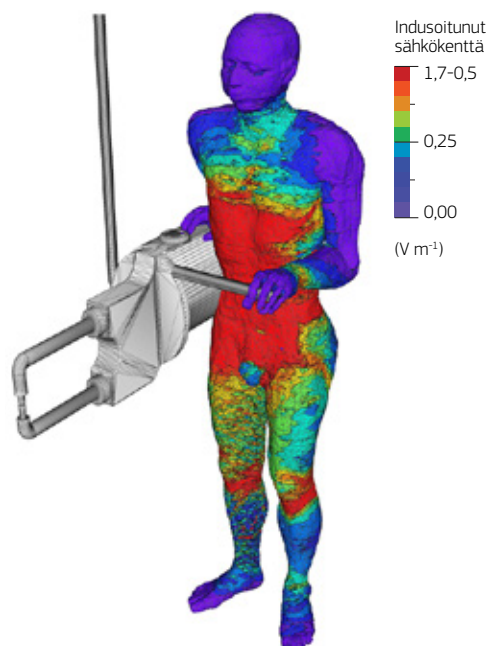
Mikäli tietoja on saatavilla tietokannoista ja valmistajilta, työnantajat voivat näillä tiedoilla osoittaa vaatimusten noudattamisen huomattavasti yksinkertaisemmin kuin tekemällä erityisen arvioinnin. Koneiden toimittajilla on oikeudellinen velvoite varmistaa, että koneiden päästöt eivät ole ihmisille vaarallisia (ks. liite H). Toimittajilta vaaditaan myös tietoja jäännösriskeistä ja todennäköisistä päästöistä, jotka voivat olla vahingollisia ihmisille, muun muassa sellaisille henkilöille, joilla on implantoituja lääkinällisiä laitteita.

7.1.1 Valmistajan arvioinnin perusteet

Tietyt valmistajat saattavat julkaista laitteistaan arviointeja, jotka on toteutettu standardoitujen menettelyjen mukaan. Monet mittausstandardit on kuitenkin laadittu päästöjen eikä niinkään ihmisen altistumisen perusteella. Nämä päästöstandardit on kehitetty sitä varten, että tietyntyypisten sähkölaitteiden synnyttämien sähkömagneettisten kenttien tasoa koskevissa laboratoriotesteissä voitaisiin käyttää standardoituja menettelyjä. Huomion keskiössä on kentän arvo tietyissä sijaintipisteessä, ja tällaiset tiedot ovat hyödyllisiä vertailtaessa eri laitteita tai välineitä. Kyseisten standardien arvo saattaa kuitenkin olla vähäinen silloin, kun arvioidaan normaalikäytössä tapahtuvaa altistumista toimenpidetasoihin tai altistumisen raja-arvoihin nähden.

Esimerkiksi tämänhetkisessä hitsauslaitteiden vaatimustenmukaisuuden testaamista koskevassa yhdenmukaistetussa standardissa suositellaan, että kentät mitataan 20 cm:n etäisyydellä hitsauskaapelista, sillä näin tehty mittaus on helpompi toistaa. Jokapäiväisessä käytössä kaapeli voi kuitenkin olla kosketuksissa työntekijän kehoon ja lähellä herkkiä kudoksia työntekijän pään alueella. Kuvassa 7.1 näytetään, miten pistehitsauspistoolia pidetään lähellä työntekijän kehoa etäisyydellä, joka selvästi alittaa 20 cm:n mittaussuosituksen. Ilmeisesti tähän heikkouteen on määrä puuttua standardin uusissa versioissa.

Kuva 7.1 Indusoituneen sähkökentän jakautuminen ihmiskehon mallissa kehon altistuessa kannettavalle pistehitsauspistoolille. Tässä esimerkissä sähkömagneettisen kentän lähde on merkittävästi alle 20 cm:n päässä kehosta.



Huom. Tämän kuvan esimerkki vain havainnollistaa asiaa, eikä sitä pidä ekstrapoloida mihinkään tiettyyn tilanteeseen.

Kuvan tarkoituksena on havainnollistaa sitä, että työnantajien on ennen valmistajien julkaisemien tietojen käyttöä oltava selvillä siitä, mitä standardia arvioinnissa on sovellettu ja mitä tarkoitusta varten tiedot on tuotettu.

7.2 Arviointitietokannat

Tietokannat, joihin on koottu yleisiä arviointeja tietyiltä toimialoilta, voivat olla erittäin hyödyllisiä. Valtion tutkimuslaitokset, ammattialajärjestöt tai toimialajärjestöt ovat voineet koota tällaisia tietokantoja. Tietokantoja käyttämällä voidaan varsinkin aina säästää yksittäisten työnantajien aikaa ja rahaa, jotka muutoin kulusivat erityisten arviointien suorittamiseen. Silloin, kun laitteet ja työkäytännöt ovat melko tavanomaisia, tämä on käytännöllinen ja kustannustehokas toimintatapa.

Harkitessaan tietokannoista saatavien tietojen käyttöä työnantajien olisi tarkistettava, että laitteen käyttö on asianmukaista sekä tietokannan arvioinnissa että heidän omalla työpaikallaan. Lisäksi on huomattava, että arviointia koskevia tietoja ei välttämättä voida soveltaa, jos laite on paljon iäkkäämpi tai jos sitä ei ole huollettu asianmukaisesti.

Euroopan komissio on tukenut työtä sellaisen ohjelmistopakettin kehittämiseksi, jolla pyritään auttamaan työnantajia hitsausprosessien ja niihin liittyvien prosessien arvioinnin toteuttamisessa. Lisätietoja tästä hankkeesta on saatavilla hitsauksen sähkömagneettisia kenttiä käsittelevällä verkkosivustolla (www.emfweld.com).

7.3 Valmistajien toimittamat tiedot

Valmistajilla, jotka toimittavat konedirektiivin soveltamisalaan kuuluvia laitteita (ks. liite G), on erityisiä tietojen toimittamista koskevia velvoitteita. Erityisesti valmistajien on toimitettava olennaisten vaatimusten täyttämiseksi tiedot mahdollisista jäännösriskeistä ja suojaavista toimenpiteistä, jotka käyttäjän olisi toteutettava.

Erityisesti silloin, jos kone todennäköisesti aiheuttaa ionisoimatonta säteilyä, joka voi vahingoittaa henkilöitä, ja erityisesti henkilöitä, joilla on lääkinällisiä implantteja, valmistajan tulee toimittaa tiedot, jotka koskevat koneen käyttäjään ja muihin mahdollisesti altistuviin henkilöihin kohdistuvaa säteilyä.

7.3.1 Arviointistandardit

Standardeja laativissa komiteoissa kehitetään aktiivisesti standardeja, joiden avulla valmistajat pystyisivät arvioimaan laitteiden päästöt EMF-direktiivissä määritettyihin toimenpidetasoihin ja altistumisen raja-arvoihin nähden. Standardeissa määritetään tietyissä tapauksissa myös se, miten arvioinnin tulokset on ilmoitettava laitteiden ostajille.

Näin ollen kunkin valmistajan olisi ensiksi tarkistettava, onko asianomainen standardi julkaistu ja onko se nykyisen EMF-direktiivin mukainen. Mikäli asianomainen standardi on jo olemassa ja sisältää ohjeita arvioinnin tulosten ilmoittamiseen, valmistajan on toimittava tämän standardin mukaisesti.

Valmistajat voivat myös päättää antaa lisätietoja, joita standardissa ei ole määritetty, jos he katsovat, että tiedoista olisi ostajalle hyötyä.

7.3.2 Jos sovellettavaa standardia ei ole olemassa

Jos valmistajan avuksi ei ole olemassa asianomaista standardia, ostajien pitäisi voida seuraavien arviointitietojen perusteella suorittaa riittävät arvoinnit omilla työpaikoillaan.

Kolmen ensimmäisen tietoelementin pitäisi antaa ostajalle taustatietoja siitä, millaisia vaikutuksia voidaan odottaa ja miten arviointi on suoritettu. Ostajien on erityisesti tärkeää tietää, vastaavatko arvioinnin aikaiset käyttöolosuhteet sitä, miten he tulevat laitetta käyttämään.

Kaksi seuraavaa tietoelementtiä auttavat hahmottamaan, millaisia laitteen käyttäjän altistumiset todennäköisesti ovat ja täytyykö työnantajan ottaa käyttöön rajoituksia taikka antaa henkilöstölle koulutusta.

Kahta viimeistä tietoelementtiä voidaan käyttää silloin, kun halutaan yksinkertainen arvio vaikutuksesta, joka syntyy, kun useita laitteita sijoitetaan samalle alueelle. Työnantajat voivat hyödyntää viivakarttoja toimenpidetasojen prosenttiosuuksista taikka neuvoston suosituksessa 1999/519/EY asetettujen viitearvojen prosenttiosuuksista, kun he tekevät yksinkertaisen arvioinnin siitä, millainen yhteisvaikutus syntyy, kun laitteita sijoitetaan lähelle toisiaan.

Syntyvien kenttien voimakkuudet arvioidaan tällä menetelmällä useimmiten yläkanttiin. Tämä johtuu siitä, että kaikki lähteet eivät välttämättä ole käytössä samaan aikaan ja usein kenttiä kumoutuu vaihe-erojen vuoksi. Tätä menetelmää on kuitenkin helppo soveltaa, ja sen avulla useimmat ostajat voivat vaivattomasti osoittaa täyttävänsä vaatimukset.

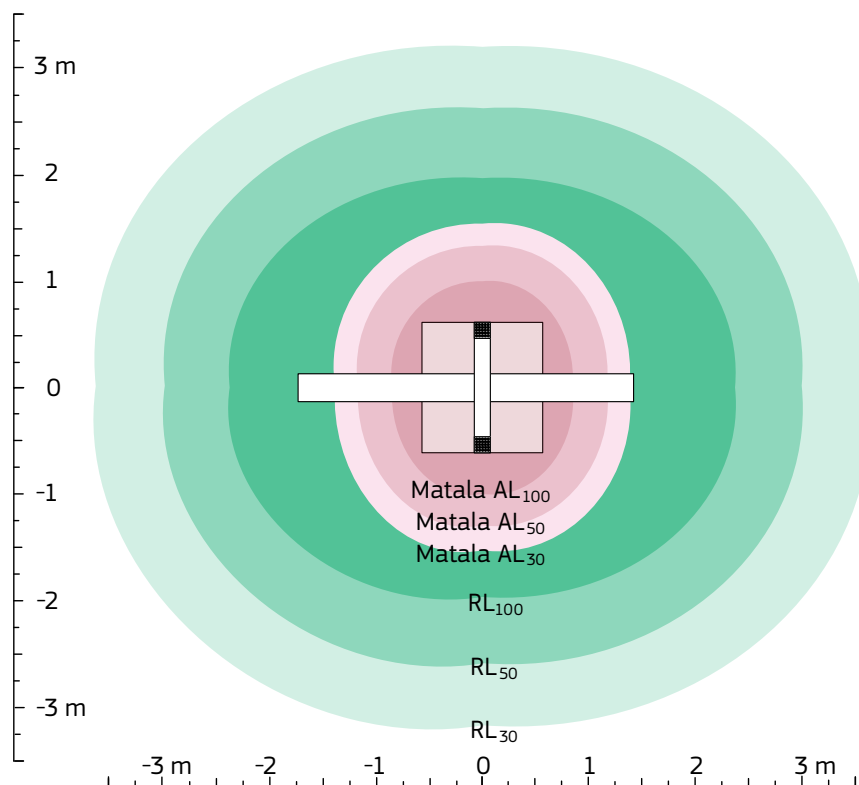
Taulukko 7.1 Valmistajien toimitettavaksi ehdotettavat tiedot

Työpaikan arvioinnissa huomioon otettavat seikat:	<ul style="list-style-type: none"> • muut kuin lämpövaikutukset • lämpövaikutukset • epäsuorat vaikutukset (määritettävä)
Käyttöolosuhteet, joissa arviointi toteutettiin:	<ul style="list-style-type: none"> • teholähteen enimmäiskapasiteetti • olosuhteet pahimmassa tapauksessa (määritettävä) • tavanomaiset olosuhteet (määritettävä)
Arvioinnin tulokseen sovellettu keskiarvo	
<ul style="list-style-type: none"> • spatiaalinen • ajallinen 	
Kun laitetta käytetään asianmukaisesti, ylittääkö altistus laitteen käyttäjän normaalissa sijaintikohdassa jonkin seuraavista arvoista?	
<ul style="list-style-type: none"> • matala toimenpidetaso • korkea toimenpidetaso • raajojen altistumisen toimenpidetaso 	<p style="text-align: center;">} TAI {</p> <ul style="list-style-type: none"> • aistimusraja-arvo • terveysvaikutusraja-arvo
Kun laitetta käytetään asianmukaisesti, ylittääkö altistus laitteen käyttäjän normaalissa sijaintikohdassa arvot, jotka neuvoston suosituksessa 1999/519/EY on asetettu	
<ul style="list-style-type: none"> • viitearvoiksi TAI • perusrajoitukseksi? 	
Mikäli kentän voimakkuudet saattavat ylittää yhden tai useamman toimenpidetason, valmistajan tulisi esittää enimmäisetäisyydet – tai mielellään viivakartta – toimenpidetasojen seuraaville fraktioille:	
<ul style="list-style-type: none"> • 100 % • 50 % • 30 % 	
Jos kentän voimakkuudet saattavat ylittää yhden tai useamman viitearvon, valmistajan tulisi esittää enimmäisetäisyydet – tai mielellään viivakartta – viitearvojen seuraaville fraktioille:	
<ul style="list-style-type: none"> • 100 % • 50 % • 30 % 	

Fyysiset seikat rajoittavat tavallisesti sitä, kuinka monia laiteyksiköitä voidaan sijoittaa toistensa lähelle. Koska kentät yleensä heikkenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa (ks. luku 3), etäällä olevilla laitteilla ei todennäköisesti ole merkittävää osuutta altistumiseen.

Kuvassa 7.2 havainnollistetaan sitä, millaisia viivakarttoja laitteista voidaan toimittaa.

Kuva 7.2 Havainnollistava kuva viivakartasta, jonka laitteen valmistaja voi toimittaa auttaakseen käyttäjiä varmistamaan, että useiden laitteiden yhteisvaikutus ei aiheuta työpaikalla toimenpidetasojen ylittymistä.



Esimerkissä on kuvattuna jokin täsmentämätön laite, jonka ympärillä olevilla viivoilla ilmennetään etäisyyksiä, joilla kenttä on 100, 50 ja 30 prosenttia (ks. alaindeksit) toimenpidetasosta (AL, action level). Vastaavia viivakarttoja toimitetaan neuvoston suosituksen 1999/519/EY sisältämistä viitearvoista (RL, reference level) (viitearvoittain) sellaisten työntekijöiden arvioinnin helpottamiseksi, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.

8 ALTISTUMISEN LASKEMINEN TAI MITTAAMINEN

Sähkömagneettisille kentille altistumisen arviointi on erikoisala, jota vain hyvin harvat työnantajat tuntevat niin hyvin, että kykenisivät suorittamaan tällaiset arvioinnit itse. Toisaalta ulkopuolisen urakoitsijan käyttäminen saattaa olla hyvinkin kallista. Työnantajat joutuvat yleensä punnitsemaan vastakkain kustannuksia, jotka koituisivat toisaalta urakoitsijan käytöstä ja toisaalta yksinkertaisten suojaavien tai ehkäisevien toimenpiteiden (ks. luku 9) toteuttamisesta. Tarjolla olevia vaihtoehtoja tarkasteltaessa on syytä muistaa, että arvioinnin tulos voi joka tapauksessa edellyttää suojaavien tai ehkäisevien toimenpiteiden toteuttamista. Kuten tässä oppaassa on aiemmin todettu, kentät heikkenivät yleensä nopeasti, kun etäisyys kasvaa, joten pääsyn rajoittaminen laitteen välittömään läheisyyteen saattaa olla halpa ja tehokas toimenpide.

8.1 EMF-direktiivin vaatimukset

EMF-direktiiviin sisältyy selkeä vaatimus siitä, että työnantajien on arvioitava riskejä, joita heidän työntekijöilleen aiheutuu työpaikan sähkömagneettisista kentistä. Työnantajilta edellytetään riskinarvioinnin osana työpaikan sähkömagneettisten kenttien yksilöintiä ja arviointia. Tämä ei kuitenkaan välttämättä tarkoita laskemista ja mittaamista, sillä työnantajalla on oikeus ottaa huomioon säteilyemissio- ja muut turvallisuuteen liittyvät tiedot, jotka valmistaja tai jakelija on toimittanut. Vain siinä tapauksessa, että altistumisen raja-arvojen noudattamista ei pystytä muilla keinoilla luotettavasti osoittamaan, työnantajien on tehtävä laskelmia tai mittauksia.

Valmistajien toimittamilla altistusta koskevilla tiedoilla tai riskien arvioinneilla voi tavallisesti yksinkertaisesti ja edullisesti osoittaa, että vaatimuksia noudatetaan. Vastaavasti työnantajien on yleensä vaivattomampi käyttää valtion tutkimuslaitosten, ammattialajärjestöjen ja toimialajärjestöjen yleisiä arviointitietoja – mikäli sellaisia on saatavilla – kuin suorittaa omia altistumisen arviointeja. Kumpaakin vaihtoehtoa käsitellään tarkemmin luvussa 7.

8.2 Työpaikkojen arvioinnit

Mikäli työnantajat päättävät, että työpaikalla pitää suorittaa altistumisen arviointi, käytettävissä on useimmiten monia eri vaihtoehtoja. Ensinnäkin on päätettävä, arvioidaanko altistumista laskelmilla vai mittauksilla. Kummallakin tavalla voi osoittaa, että EMF-direktiivin vaatimuksia noudatetaan, ja kummassakin voi olla useita erilaisia ja monimutkaisuudeltaan vaihtelevia vaihtoehtoja arvioinnin toteuttamiseen.

Yksinkertaiset arviointimenetelmät perustuvat useimmiten oletuksiin tai likimääräisiin arvioihin, joita käyttämällä altistuminen arvioidaan yläkanttiin. Sitä vastoin monimutkaisilla arviointimenetelmillä poikkeamat vaatimusten mukaisista arvoista ovat todennäköisesti pienempiä, mutta ne myös lähes aina vievät enemmän aikaa tai rahaa. Näin ollen lopullinen valinta riippuu työssä ja työpaikalla vallitsevista erityisistä olosuhteista. Monille työnantajille kuitenkin riittää vallan hyvin suhteellisen yksinkertaisen arvioinnin toteuttaminen.

Sähkömagneettisille kentille altistumisen arvioinnit ovat usein monimutkaisia. Siksi työnantajien, jotka aikovat arvioida altistumisia itse, täytyy kiinnittää huomiota työn suorittavien henkilöiden pätevyyyteen. Joillain työnantajilla on yrityksessä työhön tarvittava taitotieto, mutta useimmilta työnantajilta tällaisen osaamisen hankkiminen vaatii paljon vaivannäköä.

Mittauspohjaisissa arvioinneissa tarvittavien välineiden hankinta ja kalibrointi aiheuttaa niin ikään lisätyötä. Arvioinnin suorittavien henkilöiden on ymmärrettävä, millainen tekninen suorituskyky laitteilla on oltava, voidakseen varmistaa, että heidän hankkimansa laitteet soveltuvat arviointityöhön. Heidän on myös osattava käyttää laitetta ”kentällä” ja tiedettävä laitteen käyttöön liittyvistä sudenkuopista. Heidän on tiedostettava, että mittaustulokset luovat ”tilannekuvan”, joka riippuu laitteen käyttöparametreista tutkimuksen suorittamishetkellä. Jos arviointeja suoritetaan vain harvoin, työnantajan ehkä kannattaa kustannuksia säästääkseen vuokrata välineet hyvämaineiselta tavarantoimittajalta.

Lisäksi on tärkeää ymmärtää, että arvioinnin toteuttamisessa ei ole kyse ainoastaan kenttien mittaamisesta. Työn luonteen arvioiminen on tärkeää, jotta voidaan määrittää työntekijöiden sijainnit. Taajuuksilla, joilla sallitaan ajallisen keskiarvon määrittäminen, on ehdottoman tärkeää kirjata laitteiden käyttöjaksot ja arvioida alueilla oleskelun kesto.

8.3 Erityistapaukset

On olemassa useita tilanteita, joissa altistumiset voivat olla poikkeuksellisen monimutkaisia. Joitain näistä käsitellään tarkemmin liitteen D eri osissa. Ks. taulukko 8.1.

Taulukko 8.1 Lisäohjeita monimutkaisten altistumisten arvioimiseen

Arviointiskenaario	Liite
Epätasainen altistuminen	D2
Altistuminen kentille, joiden taajuus on 100 kHz–10 MHz	D3
Samanaikainen altistuminen useille eritaajuisille komponenteille	D3
Altistuminen ei-sinimuotoisille kentille	D3
Taajuusalueen 0–1 Hz kenttien arviointi	D4

8.4 Mistä etsiä lisäosaamista

Jos työnantajalla ei jo ole arviointien tekoon tarvittavaa asiantuntemusta – ja mahdollisissa mittauksissa tarvittavia välineitä – tällaisten resurssien hankkiminen edellyttää huomattavia panostuksia. Joillekin työnantajille nämä panostukset voivat olla vaivan arvoisia, mutta useimmilla työnantajilla näin ei kuitenkaan ole.

Ulkopuolista apua hakevien työnantajien kannattaa muistaa, että apua voi olla saatavilla useilta eri palveluntarjoajilta. Seuraavanlaisilla organisaatioilla voi olla työnantajien tarvitsemää asiantuntemusta ja välineitä:

- kansalliset työterveys- ja työturvallisuuslaitokset
- tietyt paikalliset ja kansalliset viranomaiset tarjoavat edullisia arviointipalveluita omalla alueellaan toimiville työnantajille
- tutkimuslaitokset (kuten yliopistot)
- mittausvälineiden valmistajat tai niiden edustajat
- erikoistuneet kaupalliset konsulttirytykset

Hakiessaan apua ulkopuoliselta palveluntarjoajalta työnantajan kannattaa varmistaa, että kyseinen taho on pätevä tarjoamaan tarvittavan palvelun. Työnantajien tulisi saada näyttöä siitä, että palveluntarjoajalla on seuraavat resurssit:

- palveluntarjoajan henkilöstö tietää, miten asianomaisia altistumisen raja-arvoja ja toimenpidetasoja ja mahdollisesti tarvittavia laskentamenetelmiä sovelletaan, ja sillä on tästä käytännön kokemusta
- palveluntarjoajan henkilöstö on perehtynyt vaaditunlaiseen arviointiin, ja sillä on arvioinnista käytännön kokemusta
- palveluntarjoaja käyttää välineitä, joilla pystytään mittaamaan asianomaiset kentät ja ottamaan huomioon taajuuskomponenttien, pulssiominaisuuksien ja aallonmuotojen kaltaiset tekijät
- palveluntarjoaja pystyy osoittamaan, että kalibroinnissa on noudatettu asianmukaista kansallista standardia
- palveluntarjoaja osaa arvioida suoritettujen mittausten epävarmuutta.

Työnantaja uskoo ulkopuolisen palveluntarjoajan tehtäväksi valita asianmukaiset toimenpidetasot tai altistumisen raja-arvot ja tuottaa vertailuun soveltuvat tiedot. Palveluntarjoajilla täytyy olla käytössään laadunvarmistusjärjestelmä, jolla tietojen luotettavuus voidaan varmistaa. Lisäksi heidän on toimitettava työnantajalle kirjallinen raportti, jossa selitetään, mitä arviointi merkitsee, ja tehdään selkeitä johtopäätöksiä. Tarvittaessa raportissa olisi myös annettava suosituksia jatkotoimenpiteistä.



Keskeinen sanoma: altistumisen mittaaminen tai laskeminen

Altistumisen arviointi mittaamalla tai laskemalla on tavallisesti monimutkaista, ja sitä tulee välttää silloin, kun tietoa on saatavilla muista lähteistä, kuten valmistajilta tai tietokannoista. Jos arviointi on pakko suorittaa, työnantajien olisi harkittava huolellisesti, onko heillä tarvittavat resurssit arvioinnin omatoimiseen suorittamiseen.

Ulkopuolisen avun hankkiminen voi olla monille työnantajille edullisempaa, mutta tällaisissa tapauksissa työnantajien tulee varmistua siitä, että palveluntarjoajalla on asianmukaiset välineet sekä osaamista ja kokemusta vaaditunkaltaisen arvioinnin suorittamiseen.

Jakso 4

TARVITAANKO LISÄTOIMENPITEITÄ?

9 SUOJAAVAT JA EHKÄISEVÄT TOIMENPITEET

Asiannukaisten suojaavien tai ehkäisevien toimenpiteiden valinnan tulisi kussakin tilanteessa perustua riskinarvioinnin tulokseen. Riskinarvioinnista saadaan tietoa siitä, miten vaarallisia altistumiset voivat olla. Valittaessa riskien hallitsemiseksi toteutettavia toimenpiteitä on niin ikään otettava huomioon suoritettavan työn luonne.

Kuten luvussa 6 todettiin, lisätoimenpiteitä ei tarvita, mikäli voidaan varmistaa, että toimenpidetasot taikka altistumisen raja-arvot eivät ylitä, epäsuorista vaikutuksista ei aiheudu merkittäviä riskejä ja riskeille erityisen alttiisiin työntekijöihin ei kohdistu huomattavia riskejä.

Alueilla, joilla on olemassa toimenpidetasojen tai altistumisen raja-arvojen ylittymisen tai epäsuorien vaikutusten esiintymisen riski, työnantajan on selvitettävä alueelle pääsyä kenttien esiintymisaikana. Mikäli alueelle pääsyä on jo rajoitettu riittävästi muista syistä (kuten suurjännitteiden vuoksi), lisätoimenpiteitä ei yleensä tarvita. Jos rajoituksia ei ole olemassa, työnantajan on tavallisesti ryhdyttävä toteuttamaan lisätoimenpiteitä.

Jos suojaavia tai ehkäiseviä lisätoimenpiteitä otetaan käyttöön, riskinarviointia on tarkasteltava näiltä osin uudelleen, jotta saadaan selville, onko kaikki riskit nyt poistettu tai ovatko ne ainakin mahdollisimman vähäisiä.

Yleensä suojaavien tai ehkäisevien toimenpiteiden ottaminen käyttöön työpaikkojen tai laitteiden suunnittelu- ja asennusvaiheessa saattaa edistää merkittävästikin työpaikan turvallisuutta ja toimintaa. Toimenpiteiden toteuttaminen myöhemmin voi aiheuttaa huomattavia kustannuksia.

9.1 Ehkäiseviä toimenpiteitä koskevat periaatteet

Jos suojaaviin ja ehkäiseviin toimenpiteisiin ryhdytään, on noudatettava puitedirektiivin 6 artiklaa, jossa määritellään ehkäiseviä toimenpiteitä koskevat periaatteet, joita tulisi soveltaa kaikkiin riskeihin (ks. taulukko 9.1).

Taulukko 9.1 Puitedirektiivissä määritellyt ehkäiseviä toimenpiteitä koskevat periaatteet

Ehkäiseviä toimenpiteitä koskevat periaatteet:

Vaarojen välttäminen

Niiden vaarojen arvioiminen, joita ei voida välttää

Vaarojen torjunta niiden syntyvaiheessa

Työn sopeuttaminen yksilöllisesti varsinkin työpaikkojen suunnittelun, työvälineiden valinnan sekä työ- ja tuotantomenetelmien valinnan osalta

Sopeutuminen tekniikan kehitykseen

Vaarallisten tekijöiden korvaaminen vaarattomilla tai vähemmän vaarallisilla tekijöillä

Sellaisen yhtenäisen ja kattavan ehkäisy politiikan kehittäminen, joka kattaa teknologian, työn organisoimisen, työolot, sosiaaliset suhteet sekä työympäristöön liittyvät tekijät

Yleisen suojelun ensisijaisuus yksilöllisiin suojelutoimenpiteisiin nähden

Aiheellisten ohjeiden antaminen työntekijöille

9.2 Vaaran poistaminen

Tehokkain keino hallita riskejä on vaaran täydellinen poistaminen. Tämä voi tarkoittaa siirtymistä vaihtoehtoiseen prosessiin, joka ei synnytä voimakasta sähkömagneettista kenttää. Esimerkiksi sähkövastushitsauksesta voidaan siirtyä laserhitsaukseen. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista. Sopivaa vaihtoehtoista prosessia ei usein ole olemassa tai tarjolla olevista vaihtoehtoista seuraa uudentyyppejä vaaroja (edellä olevassa esimerkissä vaara syntyy suuritehoisesta lasersäteestä), joista aiheutuu työntekijöille vastaava taikka suurempi riski.

Vaarojen poistaminen johtaa usein siihen, että koko prosessi pitää suunnitella uudelleen ja on tehtävä merkittäviä investointeja uusiin laitteisiin. Niinpä vaarojen poistaminen kannattaa yleensä vain silloin, kun prosessia ollaan vasta ottamassa käyttöön tai kun työpaikan välineistöä uusitaan merkittävästi. Tällaisissa tilanteissa olisi syytä harkita vaihtoehtoisia keinoja saman lopputuloksen saamiseen niin, että voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä ei syntyisi.

9.3 Prosessien tai laitteiden korvaaminen vähemmän vaarallisilla prosesseilla tai laitteilla

Kun prosesseja tai laitteita korvataan heikompia sähkömagneettisia kenttiä tuottavilla vaihtoehtoilta, sillä voidaan tehokkaasti vähentää sähkömagneettisten kenttien riskejä. Esimerkiksi muovin suurtaajuushitsaus voi yksinkertaisimmassa muodossaan altistaa laitteen käyttäjän huomattavalle radiotaajuisten sähkömagneettisten kenttien säteilylle ja jopa riskille saada palovammoja altistuneista elektrodeista. Yleensä on mahdollista suunnitella laite, joka on varustettu säteilykentän voimakkuutta rajoittavalla säteilysuojalla, sekä lisätä automaatiota, jotta laitteen käyttäjä ei joudu kosketuksiin elektrodien kanssa. Entisen laitteiston korvaaminen paremmin automatisoidulla ja säteilyltä suojatulla laitteella parantaa yleensä prosessin tehokkuutta, mutta siihen liittyy merkittäviä pääomakustannuksia. Näin ollen tämä vaihtoehto kannattaa tavallisesti valita vain laitteiden normaalin aikataulun mukaisen uusimisen yhteydessä.



Keskeinen sanoma: riskejä vähentävät toimenpiteet

Jos riskejä ei voida vähentää poistamalla tai korvaamalla, on välttämätöntä ottaa käyttöön lisätoimenpiteitä. Työnantajat voivat toteuttaa toimenpiteet monin tavoin, ja tavallisesti tekniset ja organisatoriset toimenpiteet ovat suositeltavia siksi, että ne antavat yleisen suojan. Monet toimenpiteistä, joilla voidaan vähentää sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä, ovat samankaltaisia kuin ne toimenpiteet, joilla hallitaan työpaikoilla ilmeneviä muita vaaroja.

9.4 Tekniset toimenpiteet

Mahdollisten teknisten toimenpiteiden toteuttamisesta on se hyöty, että ne antavat yleistä suojaa ja torjuvat riskit yleensä jo niiden syntyvaiheessa. Lisäksi ne ovat yleensä organisatorisia toimenpiteitä luotettavampia, sillä ne eivät riipu ihmisten toiminnasta. Useilla teknisillä toimenpiteillä voidaan tehokkaasti estää pääsy kosketuksiin sähkömagneettisten kenttien kanssa tai rajoittaa sitä; tällaisia toimenpiteitä käsitellään tarkemmin seuraavassa.

9.4.1 Kotelointi

Koteloinnilla voidaan tehokkaasti vähentää tietyn lähteen synnyttämiä sähkömagneettisia kenttiä. Päästöjen rajoittamiseksi kotelointi on usein sisällytetty laitteen rakenteeseen. Mikroaaltouuni on tästä hyvä esimerkki. Uunin ikkunassa oleva verkko on yhteydessä uunin metallikoteloon, ja näin muodostuu yhtenäinen suoja, joka rajoittaa mikroaaltosäteilyn päästöjä. Koteloinnilla voidaan myös huonetiloissa synnyttää heikko sähkömagneettinen ympäristö, joskin tällaisella ratkaisulla yleensä suojataan herkkiä sähkölaitteita eikä niinkään ihmisiä.

Käytännössä radiotaajuuksisten ja pientaajuuksisten sähkökenttien kotelointi perustuu siihen, että lähde suljetaan johtavan pinnan sisään (ns. Faradayn häkki). Pinta valmistetaan yleensä metallilevystä tai metalliverkosta, mutta myös muunlaisia materiaaleja voidaan käyttää, esimerkiksi keraamisia, muovi- ja lasituotteita, joihin on sisällytetty yhtä tai useampaa metallipinnoitetta tai joiden sisällä on metalliverkkoa. Jälkimmäisiä vaihtoehtoja kannattaa käyttää ikkunoissa silloin, kun prosessiin on oltava näköyhteys. Ilmavirtausta edellyttävissä tilanteissa (esimerkiksi jäähdytyksessä) kotelointi voidaan yleensä toteuttaa metalliverkoilla tai kennomateriaaleilla.

Jotta suojaus olisi tehokas, on varmistettava, että kotelo on todellakin yhtenäinen. Mahdollisten aukkojen tai saumojen on oltava paljon sähkömagneettisen kentän aallonpituutta pienempiä (ks. liite A). Tästä syystä koteloon kuuluvat paneelit kiinnitetään yleensä ruuveilla tai pulteilla, jotka asetetaan hyvin lähekkäin toisiaan. Jos paneeli täytyy irrottaa, paneeli on asennettava takaisin niin, että kaikki kiinnikkeet ovat oikeilla paikoillaan, jotta vuodot ovat mahdollisimman vähäisiä. Ovien ja huoltoluukkujen kaikkiin sivuihin asennetaan tavallisesti kontaktiliuska. Aukkojen ja saumojen lisäksi koteloinnin tehokkuus riippuu valmistusmateriaalista, kotelon paksuudesta ja muodosta sekä kentän taajuudesta.

Radiotaajuuskenttien siirtotoiminnassa käytettävät kaapelit ja muut aaltojohdot koteloidaan käytännössä aina. Tällä pyritään ensi sijassa ehkäisemään radiotaajuusenergian säteilyä, josta aiheutuisi suuria menetyksiä, mutta samalla kotelointi rajoittaa ulkoisten kenttien voimakkuutta. Jos kotelon eheys heikkenee, seurauksena voi olla vuoto, joten saumojen tai taiteiden mahdollista kulumista on muistettava tarkkailla.

Staattisten ja pientaajuisten (taajuus noin alle 100 kHz) magneettikenttien kotelointi on hankalampaa. Tällaisia kenttiä voidaan koteloida erikoisvalmisteisilla metalliseoksilla, muun muassa mu-metallilla, mutta niiden käytössä on monia rajoituksia, ja niitä käytetäänkin lähinnä vain erikoissovelluksissa.

Koska magneettikenttien passiivinen kotelointi on hankalaa, näissä tapauksissa – ja erityisesti staattisten kenttien yhteydessä – käytetään usein aktiivista kotelointia (ks. tapaustutkimus ydinmagneettista resonanssia käyttävistä yksiköistä tämän oppaan osasta 2). Aktiivisessa koteloinnissa lisäkäämillä, yleensä solenoidilla, synnytetään vastakkainen magneettikenttä. Kahden vastakkaisen kentän kumoutuminen johtaa siihen, että magneettivuon tiheys vähenee nopeasti lähteestä etäännyttäessä.

9.4.2 Suojukset

Suojuksilla voi edullisesti ja tehokkaasti rajoittaa pääsyä alueille, joilla on voimakkaita kenttiä. Kuten luvussa 3 todettiin, kenttien voimakkuudet heikkenevät yleensä nopeasti, kun etäisyys kentän lähteestä kasvaa, joten suojukset, joilla voidaan rajoittaa pääsyä lähteen välittömään läheisyyteen, voivat olla käytännöllinen vaihtoehto. Kunhan kentän jakautuminen on tiedossa, kuka tahansa koneiden suojusten suunnitteluun ja asennukseen perehtynyt henkilö kykenee todennäköisesti kehittämään tehokkaan ratkaisun.

Kun suojuksia asennetaan voimakkaisiin kenttiin, on kiinnitettävä huomiota siihen, että kenttä voi kytkeytyä suojuksen materiaaliin. Näin ollen on ehkä käytettävä muita kuin metallisia materiaaleja. Esimerkiksi ydinmagneettista resonanssia hyödyntävissä laitteistoissa, joissa on voimakkaita staattisia magneettikenttiä, voidaan käyttää muovisuojuksia. Lisäksi metallisia suojuksia asennettaessa voidaan joutua ottamaan huomioon näkökohtia, jotka liittyvät kipinäpurkauksiin, kosketusvirtoihin ja maadoituksen asianmukaisuuteen (jaksot 9.4.7 ja 9.4.8).

Mikäli rajoitetulle alueelle ei tarvitse päästä laitteen normaalin käytön aikana, kiinteät suojukset ovat useimmiten yksinkertaisin ja edullisin ratkaisu. Tällaiset suojukset kiinnitetään siten, että niiden irrotuksessa tarvitaan työkaluja.

Koska kiinteiden suojusten irrotus edellyttää työkaluja, tällainen ratkaisu ei sovellu alueille, joille pitää päästä säännöllisesti. Tässä tapauksessa siirrettävä suojuks voi olla hyväksyttävä ratkaisu. Tällaiset suojukset kytketään yleensä toimintaankytkentälaitteella kentän lähteeseen, mutta silloin, kun asianomainen riski on verraten matala, voidaan hyväksyä sellaiset suojukset, joissa ei ole toimintaankytkentälaitetta (kuva 9.1).

Kuva 9.1 Esimerkki yksinkertaisesta siirrettävästä suojuksesta, jolla rajoitetaan pääsyä kosketuksiin voimakkaan magneettikentän kanssa. Tässä tapauksessa suojusta ei ole varustettu toimintaankytkentälaitteella, mutta suojukseen on liitetty varoituskylttejä ja organisatorisia ohjeistuksia.



Mikäli voimakkaiden kenttien kanssa kosketuksiin pääsee vain kiinteiden pystytikkaiden kautta, esimerkiksi silloin, kun katolle on asennettu suurtehoantenneja (ks. oppaan osassa 2 oleva tapaustutkimus), tikkaisiin kiinnitettävällä kiipeämissuojalla voidaan edullisesti ja tehokkaasti rajoittaa pääsyä katolle (kuva 9.2).

Kuva 9.2 Tikkaiden kiipeämissuoja, jolla rajoitetaan pääsyä kosketuksiin katolla olevien voimakkaiden kenttien kanssa



9.4.3 Toimintaankytkentälaitteet

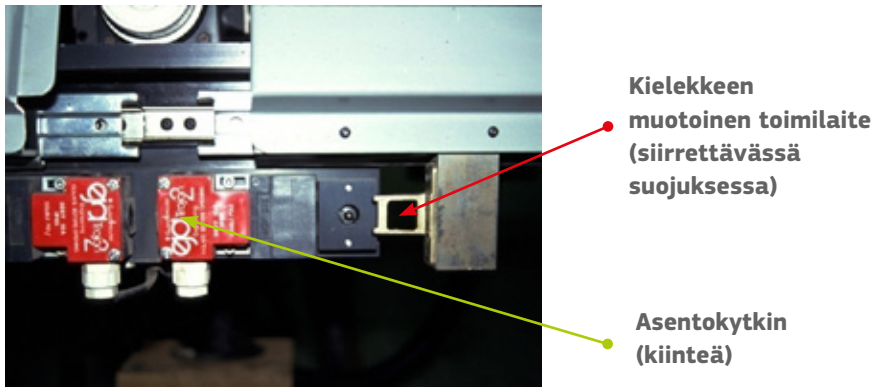
Mikäli pääsyä kosketuksiin voimakkaiden kenttien kanssa rajoitetaan siirrettävillä suojuksilla, suojus on kytkettävä toimintaankytkentälaitteella sähkömagneettisen kentän lähteeseen. Tällaisella toimintaankytkentälaitteella voidaan seurata suojuksen asentoa ja estää sähkömagneettisen kentän syntyminen silloin, kun suojus ei ole täysin suljetussa asennossa.

Valittavissa on useita erilaisia toimintaankytkentälaitteita, joista kussakin on omat hyvät ja huonot puolensa (ks. taulukko 9.2). Sopivan laitteen valinta riippuu vallitsevista olosuhteista, ja valinnan olisi perustuttava riskinarvioinnin tulokseen.

Taulukko 9.2 Esimerkkejä erityyppisistä toimintaankytkentälaitteista

Tyyppi	Kuvaus	Esimerkkejä
1	Mekaanisesti toimiva kytkin ilman koodia	Pyöriväkartainen kytkin kääntyvässä suojuksessa Kiskolla toimiva suoravartainen kytkin liukuvassa suojuksessa Saranan sisään asennettu kytkin
2	Mekaanisesti toimiva kytkin koodilla	Kielekkeellä toimiva asentokytkin Siirtoavainjärjestelmä (trapped key system)
3	Kosketukseton asentokytkin ilman koodia	Rajakytkin, joka perustuu induktiiviseen, magneettiseen, kapasitiiviseen, ultraääni- tai optiseen tunnistukseen
4	Kosketukseton asentokytkin koodilla	Rajakytkin koodatulla magneettisella tunnistuksella Rajakytkin RFID-tunnistuksella

Kuva 9.3 Kielekkeellä toimiva asentokytkin, esimerkki tyyppin 2 toimintaankytkentälaitteesta



Koska kyse on ympäristöistä, joissa on voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä, on kiinnitettävä huomiota toimintaankytkentälaitteesta ja siihen liittyvissä piireissä esiintyvien häiriöiden riskiin. Mekaanisesti toimivat laitteet saattavat olla vähemmän herkkiä sähkömagneettisille häiriöille.

Toimintaankytkentälaitteiden tulee olla asianomaisten eurooppalaisten standardien mukaisia, ja ne on asennettava kiinnikkeillä, jotka voidaan irrottaa ainoastaan työkaluilla.

Koska suojuksen avaamisen voidaan yleensä odottaa johtavan voimakkaan kentän toimintatilan välittömään päättymiseen, suojusta ei yleensä tarvitse lukita (sitä, että suojus pysyy lukittuna, kunnes riski on hävinnyt).

9.4.4 Herkät suojalaitteet

Mikäli kiinteitä tai siirrettäviä suojuksia ei voida asentaa, toisena vaihtoehtona saattaisi olla herkkien suojalaitteiden käyttäminen. Tällä tarkoitetaan muun muassa valoverhoja, läpivalaisulaitteita ja paineherkkiä alustoja. Näillä laitteilla voidaan havaita henkilön astuminen voimakkaiden kenttien alueelle tai henkilön oleminen tällaisella alueella ja estää sähkömagneettisia kenttiä synnyttävän laitteen toiminta.

Herkissä suojalaitteissa hyödynnetään useita erilaisia tunnistustekniikoita, joiden soveltuvuus eri tilanteisiin vaihtelee. Työnantajien olisi syytä hakea asiantuntijan neuvoja tarvittavia järjestelmiä valitessaan. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota voimakkaista sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien häiriöiden riskiin.

9.4.5 Kaksin käsin käytettävät hallintalaitteet

Kaksin käsin käytettävä hallintalaite (kuva 9.4) on laite, joka aktivoidaan samaan aikaan laitteen käyttäjän kummallakin kädellä. Tällä tavalla voidaan varmistaa, että laitteen käyttäjä on jossain tiettyssä paikassa tai että hänen kätensä pysyvät poissa voimakkaasta kentästä. Tällainen laite ei kuitenkaan suoja millään tavalla muita työntekijöitä.

Kuva 9.4 Kaksin käsin käytettävä hallintalaite, jolla varmistetaan, että työntekijä ei ole kosketuksissa induktiokuumentimeen



9.4.6 Hätäpysäyttimet

Kun työntekijät voivat päästä potentiaalisesti vaarallisiin ympäristöihin, on ehdottoman tärkeää varustaa työympäristö hätäpysäyttimillä. Useimmille punaiset sienen muotoiset hätäpysäytyspainikkeet lienevät entuudestaan tuttuja. Hätäpysäyttimen pitää reagoida nopeasti, pysäyttää kaikki alueella olevat toiminnot ja estää laitteiden uudelleenkäynnistyminen ennen kuin pysäyttimen asetukset on palautettu alkutilaan.

Hätäpysäytyspainikkeita tulisi sijoittaa riittävästi eri puolille aluetta, jotta jokin niistä olisi aina helposti saavutettavissa, ja ehdottomasti niin, että hätäpysäytyspainikkeen luo ei tarvitse kulkea vaarallisen alueen läpi. Kun hätäpysäyttimiä asennetaan laajoille alueille, on usein kätevempää käyttää pysäytyslankoja painikkeiden sijaan.

9.4.7 Tekniset toimenpiteet kipinäpurkausten estämiseksi

Kipinäpurkauksia saattaa syntyä voimakkaissa sähkökentissä silloin, kun henkilö koskettaa sähköä johtavaa esinettä, jolla on eri sähköpotentiaali, koska toinen on maadoitettu ja toinen ei ole. Kipinäpurkaukset voidaan välttää varmistamalla, että tällaisia potentiaalieroja ei esiinny. Tämä voidaan toteuttaa teknisillä toimenpiteillä, esimerkiksi maadoittamalla sähköä johtavat esineet ja liittämällä työntekijät sähköä johtaviin työkohteisiin (potentiaalintasaus).

Käytännössä tällaisia teknisiä toimenpiteitä saattaa olla hankalaa toteuttaa kattavasti, sillä tehokkaan maadoituksen toteuttaminen taikka liikkuvien esineiden liittämisen on vaikeaa. Siksi on yleensä välttämätöntä käyttää teknisten toimenpiteiden lisänä asianmukaisia organisatorisia toimenpiteitä, erityisesti henkilöstön koulutusta, ja mahdollisesti myös henkilönsuojaimia.

9.4.8 Tekniset toimenpiteet kosketusvirtojen estämiseksi

Kun henkilö koskettaa radiotaajuuskentässä sähköä johtavaa esinettä ja toinen näistä on maadoittamaton, radiotaajuusvirta voi kulkea henkilön kautta maahan. Tästä voi seurata sähköisku tai palovamma. Kosketusvirtojen rajoittamiseksi voidaan toteuttaa useita toimenpiteitä. Hajakenttien voimakkuutta pienentämällä voidaan pienentää mahdollisen radiotaajuuden virran voimakkuutta, mutta lisäparannuksia voidaan saada aikaan myös eristämällä ja maadoittamisella. Lisäksi on huomattava, että organisatoriset toimenpiteet, kuten se, että poistetaan tarpeettomat sähköä johtavat (erityisesti suuret) esineet, vähentävät kosketukseen joutumisen todennäköisyyttä.

9.5 Organisatoriset toimenpiteet

Tietyissä tilanteissa ei ehkä voida minimoida sähkömagneettisista kentistä aiheutuvia riskejä teknisillä toimenpiteillä. Tällaisissa tilanteissa onkin seuraavaksi pohdittava mahdollisuutta käyttää organisatorisia toimenpiteitä. Toimenpiteillä pyritään edelleen tarjoamaan yleistä suojaa, mutta koska asianomaiset toimenpiteet perustuvat yleensä siihen, että ihmiset toimivat heille annettujen tietojen pohjalta, toimenpiteiden tehokkuus riippuu ihmisten toiminnasta. Organisatoriset toimenpiteet ovat kuitenkin tärkeitä, ja tietyissä olosuhteissa, kuten käyttöönoton ja huollon aikana, ne voivat toimia ensisijaisina hallintakeinoina.

Organisatoristen toimenpiteiden valinta riippuu riskin luonteesta ja työn suoritustavasta. Tällaisiin toimenpiteisiin voivat kuulua alueiden rajaaminen ja pääsyrajoitukset, merkit, äänimerkit ja kilvet, henkilöiden nimittäminen valvomaan alueita tai työtehtäviä ja kirjalliset menettelyt.

9.5.1 Alueiden rajaaminen ja pääsyrajoitukset

Tietyissä tilanteissa ei ehkä voida rajoittaa voimakkaita kenttiä sisältäville alueille pääsyä teknisillä toimenpiteillä, kuten suojuksilla. Tällaisissa tilanteissa voidaan käyttää useita erilaisia organisatorisia toimenpiteitä alueiden rajaamiseksi ja pääsyn tai toimintojen rajoittamiseksi. Tavallisesti näitä ovat varoitusmerkit ja -kyltit, joilla työntekijöitä varoitetaan riskistä, sekä lattiamerkinnot, joilla tunnistetaan voimakkaita kenttiä sisältävät alueet.

Taulukko 9.3 Esimerkkejä pääsy- tai muista rajoituksista, joita voidaan joutua käyttämään alueilla, joilla on voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä

Kriteerit	Rajoitukset
Muut kuin lämpövaikutukset Terveysvaikutusraja-arvo ylittyy Korkea toimenpidetaso ylittyy Raajojen altistumisen toimenpidetaso ylittyy	Ei pääsyä silloin, kun kenttiä esiintyy
Lämpövaikutukset Terveysvaikutusraja-arvo ylittyy Altistumisen toimenpidetaso ylittyy Indusoituneiden raajassa kulkevien virtojen toimenpidetaso ylittyy	Pääsyrajoituksilla rajoitetaan keskimääräistä ajallista altistusta
Aistimusraja-arvo ylittyy tilapäisesti Matala toimenpidetaso ylittyy tilapäisesti	Pääsy rajataan koskemaan vain koulutettuja työntekijöitä Muita rajoituksia saatetaan soveltaa
Voimakkaista staattisista magneettikentistä aiheutuvat sinkoutumisriskit	Ferromagneettisten aineiden vientiä alueelle rajoitetaan
Riskeille erityisen alttiin työntekijöihin kohdistuvat riskit	Rajoitetaan pääsyä alueille, joilla on voimakkaita kenttiä Työntekijöitä tiedotetaan ennen alueelle pääsyä
Voimakkaista sähkökentistä aiheutuvien kipinäpurkausten riski	Pääsy rajataan koskemaan vain koulutettuja työntekijöitä
Kosketusvirtojen riski	Pääsy rajataan koskemaan vain koulutettuja työntekijöitä Tarpeettomat sähköä johtavat esineet kielletään

Jos lattiamerkinnöillä varoitetaan jo muista vaaroista tai rajoituksista, voi olla hyväksyttävää käyttää alueiden rajaamiseen vaihtoehtoisia keinoja, kuten seinämerkintöjä tai alueita havainnollistavia aluekarttoja.

Mikäli sähkömagneettisia kenttiä esiintyy vain tietyissä laitteen toimintavaiheissa, voi olla hyödyllistä osoittaa kentän olemassaolo visuaalisia (esimerkiksi valomerkkiä) tai kuultavia varoitussignaaleja (esimerkiksi sireeniä) käyttämällä.

Mikäli pääsy rajoitetaan koskemaan vain tiettyjä työntekijöitä, työpaikalla on oltava prosessi, jolla asianomaisille henkilöille annetaan muodollinen kulkulupa.

Joissain tapauksissa voi olla välttämätöntä ottaa käyttöön tilapäisiä pääsyrajoituksia. Tällaisia rajoituksia voidaan käyttää silloin, kun on kyse tilapäisestä laitteistosta tai kun ollaan ottamassa käyttöön pysyvää laitteistoa mutta kiinteitä suojuksia ei ole vielä asennettu. Tällaisissa tilanteissa voidaan tavallisesti käyttää tilapäisiä suojaesteitä. Esteisiin kiinnitetään yleensä varoitusmerkkejä. Korkeariskisissä lyhytkestoisissa tilanteissa saattaa lisäksi olla aiheellista asettaa työntekijöitä valvomaan alueen rajaa, jotta kukaan ei pääse ylittämään suojaesteitä.

Kuva 9.5 Tilapäisiä suojaesteitä ja varoitusmerkkejä, joilla rajoitetaan pääsyä alueelle, jolla on tilapäisen laitteiston synnyttämiä voimakkaita kenttiä



Jos on olemassa riski syttyvien kaasujen syttymisestä tai sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden laukeamisesta, normaalikäytäntö on rajata alue, jolla vaaran aiheuttaja (syttyvä kaasu taikka sähköisesti ohjattava räjähtävä laite) sijaitsee ja asettaa tämän jälkeen rajoituksia, joita sovelletaan kaikkiin tällä alueella oleviin syttymisen tai laukeamisen aiheuttaviin lähteisiin, muun muassa sähkömagneettiseen kenttään.

9.5.2 Turvallisuusmerkit ja -kyltit

Turvallisuusmerkit ja -kyltit ovat tärkeä osa jokaista organisatoristen toimenpiteiden järjestelmää. Ne ovat tehokkaita vain, jos ne ovat selkeitä ja yksiselitteisiä. Ne on asetettava silmien tasolle, jotta ne havaitaan mahdollisimman helposti. Vaaran luonne on ilmoitettava selkeästi. Kuvissa 9.6–9.8 on esimerkkejä sähkömagneettisiin kenttiin liittyvistä symboleista ja niiden vakiintuneista merkityksistä. Yleensä tällaisiin symboleihin on asianmukaista lisätä selittävä teksti. Tämä on erityisen tärkeää määräysmerkeissä, joissa ilmoitetaan eristävien tai sähköä johtavien jalkineiden tai käsineiden käyttöpakosta.

Kuva 9.6 Yleisiä varoitusmerkkejä, joita on usein sähkömagneettisten kenttien yhteydessä



Varoitus: magneettikenttä



Varoitus: ionisoimaton säteily

Kuva 9.7 Yleisiä kieltomerkkejä, joita on usein sähkömagneettisten kenttien yhteydessä



Pääsy kielletty henkilöiltä, joilla on aktiivisia implantoituja sydänlaitteita



Pääsy kielletty henkilöiltä, joilla on metallisia implantteja

Kuva 9.8 Yleisiä määräysmerkkejä, joita saattaa olla sähkömagneettisten kenttien yhteydessä



Käytettävä turvajalkineita



Käytettävä suojakäsineitä



Käytettävä silmiensuojaimia



Yleinen määräysmerkki

Jos sähkömagneettisia kenttiä esiintyy vain ajoittain, varoitusmerkkien tulisi olla esillä vain silloin, kun kenttä on toiminnassa, sillä muutoin työntekijät eivät välttämättä osaa kiinnittää niihin huomiota. Tämä voidaan käytännössä toteuttaa kääntämällä (koukussa tai pidikkeessä olevasta) merkistä tyhjä puoli näkyviin silloin, kun vaaratilanne on päättynyt.

Normaalikäytäntö on, että kaikissa sähkömagneettisia kenttiä synnyttävissä laitteissa käytetään samoilla symboleilla varustettuja varoituskilpiä.

9.5.3 Kirjalliset menettelyt

Mikäli sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien hallinta vaatii organisatorisia toimenpiteitä, ne on dokumentoitava riskinarvioinnissa, jotta kaikki tietävät, mitä toimenpiteitä edellytetään. Dokumentointiin olisi sisällytettävä seuraavat tiedot:

- Kuvaukset alueista, joihin sovelletaan erityisiä pääsy- tai toimintarajoituksia
- Tarkat tiedot ehdoista, joita sovelletaan tietyille alueelle pääsyyn tai tiettyyn toimintaan
- Työntekijöitä koskevat erityiset koulutusvaatimukset (esimerkiksi koulutus, jota edellytetään matalan toimenpidetason tilapäiselle ylittämiseksi)
- Niiden henkilöiden nimet, joilla on oikeus päästä asianomaisille alueille
- Niiden henkilöstön jäsenten nimet, jotka vastaavat valvonnasta tai pääsyrjoitusten toteutumisesta
- Niiden ryhmien yksilöinti, joilta alueille pääsy on nimenomaisesti kielletty (esimerkiksi riskeille erityisen alttiit työntekijät)
- Tarkat tiedot hätätilanteita koskevista järjestelyistä (tarvittaessa)

Kirjallisista menettelyistä tulisi olla kopiot alueilla, joihin niitä sovelletaan, ja kopiot olisi myös toimitettava kaikille niille, joita nämä menettelyt saattavat koskettaa.

9.5.4 Työpaikan turvallisuustiedotus

Yleisenä käytäntönä on antaa turvallisuutta koskevia tietoja tai turvallisuusohjeistusta henkilöille, jotka saapuvat työpaikalle ensimmäistä kertaa. Jos työpaikalla on määrättyjä alueita, joihin sovelletaan pääsy- tai toimintarajoituksia, tästä kannattaisi kertoa työpaikan turvallisuustiedoissa.

Kuva 9.9 Vierailijoille annettavissa työpaikan turvallisuustiedoissa tulisi kertoa mahdollisista pääsyrjoituksista ja erityisesti riskeille erityisen alttiisiin työntekijöihin kohdistuvista riskeistä



On erityisen tärkeää mainita selkeästi siitä, jos työpaikalla on sellaisia alueita, joilla riskeille erityisen alttiin työntekijöihin voi kohdistua riskejä. Ryhmät, joiden tiedetään olevan ”riskialttiita”, olisi yksilöitävä, ja vierailijoita, jotka kuuluvat tällaiseen ryhmään, olisi kehotettava mainitsemaan seikasta isännälleen. Annettavissa tiedoissa olisi tähdennettävä, että näihin ryhmiin kuuluvien henkilöiden tulee pitää tarkasti silmällä työpaikalla olevia varoitusmerkkejä.

9.5.5 Valvonta ja hallinta

Sähkömagneettisiin kenttiin liittyviä turvallisuuskäsitteitä olisi hallittava osana samaa terveyden ja turvallisuuden hallintarakennetta kuin muitakin potentiaalisesti vaarallisia toimintoja. Organisatoristen järjestelyjen yksityiskohtaisuuden aste voi vaihdella organisaation koon ja rakenteen mukaan.

Mikäli kentät ovat niin voimakkaita, että ne edellyttävät erityistä hallintaa, on yleensä syytä nimittää asiantunteva henkilöstön jäsen valvomaan niitä sähkömagneettisten kenttien turvallisuuskäsitteitä, jotka on päivittäin otettava työpaikalla huomioon.

9.5.6 Ohjeistus ja koulutus

EMF-direktiivin 6 artiklassa puututaan nimenomaisesti siihen, millaisia tietoja ja koulutusta olisi annettava työntekijöille, jotka todennäköisesti altistuvat työpaikallaan sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Tämän koulutuksen sisällölliset vaatimukset esitetään taulukossa 9.4.

Annettavien tietojen tai koulutuksen määrä riippuu siitä, millaisia sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit työpaikalla ovat. Mikäli alustavassa arvioinnissa (ks. luku 3) on todettu, että asianomaiset kentät ovat niin heikkoja, etteivät ne edellytä erityisiä toimia, pitäisi riittää, että työntekijöille annetaan vahvistus siitä, että asia on näin. Kuitenkin tässäkin on tärkeää kiinnittää työntekijöiden taikka heidän edustajiensa huomio mahdollisuuteen, että jotkut työntekijät saattavat olla erityisen alttiita riskeille. Työntekijöitä, jotka kuuluvat johonkin tiedossa olevista ”riskialttiista” ryhmistä, pitäisi kehottaa mainitsemaan asiasta esimiehilleen.

Taulukko 9.4 Annettavien tietojen ja koulutuksen sisältö EMF-direktiivin mukaan

EMF-direktiiviä sovellettaessa toteutetut toimenpiteet
Altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen arvot ja käsitteet, niihin liittyvät mahdolliset riskit sekä toteutetut ehkäisevät toimenpiteet
Altistumisen mahdolliset epäsuorat vaikutukset
EMF-direktiivin 4 artiklan mukaisesti suoritettujen sähkömagneettisille kentille altistumisen tasojen arviointien, mittauksen tai laskelmien tulokset
Altistumisen haitallisten terveysvaikutusten havaitsemis- ja ilmoittamistavat
Keskus- tai ääreishermostovaikutuksiin liittyvien hetkellisten oireiden ja tuntemusten mahdollisuus
Olosuhteet, joissa työntekijöillä on oikeus terveydentilan seurantaan
Turvalliset työtavat altistumisesta aiheutuvien riskien minimoimiseksi
Riskeille erityisen alttiit työntekijät

Jos työpaikalla on pitänyt toteuttaa joitakin sähkömagneettisiin kenttiin liittyviä teknisiä tai organisatorisia toimenpiteitä, on yleensä aiheellista antaa tietty määrä muodollista koulutusta. Mikäli riskit on poistettu tai saatu mahdollisimman vähäisiksi yksinomaan teknisillä toimenpiteillä, pitäisi riittää, että näistä toimenpiteistä kerrotaan turvallisuusohjeissa tai turvallisuusuusiokiossa. Tällä tavoin työntekijät osaavat kiinnittää huomiota riskeihin ja saavat käsityksen niistä teknisistä toimenpiteistä, jotka on otettu käyttöön heidän suojelemisekseen.

Koulutuksessa olisi korostettava, että on tärkeää ilmoittaa suojaavien toimenpiteiden oletetuista vioista tai puutteista, jotta niihin voidaan puuttua.

Mikäli sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien hallinta perustuu keskeisesti organisatorisiin toimenpiteisiin tai henkilösuojaimien käyttöön, koulutuksen on tavallisesti oltava muodollista ja yksityiskohtaista.

Määrittäessään työpaikalla tarvittavan koulutuksen seikkaperäisyyttä, laajuutta ja kestoja työnantajan tulisi ottaa huomioon taulukossa 9.5 mainitut seikat. Koulutuksessa on tärkeää asettaa sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit oikeisiin suhteisiin työpaikan muihin riskeihin nähden.

Taulukko 9.5 Seikkoja, jotka on otettava huomioon päätettäessä, miten paljon koulutusta tarvitaan

Riskinarviointien tulokset
Henkilöstön nykyinen asiantuntemus ja sen tietoisuus sähkömagneettisista kentistä aiheutuvista riskeistä
Kuinka paljon työntekijät osallistuvat sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien riskien hallintaan
Työympäristön luonne, vakaa vai alati muuttuva työympäristö
Onko kyse uusille työntekijöille annettavasta koulutuksesta vai nykyisen henkilöstön täydennyskoulutuksesta

Jos kipinäpurkausten tai kosketusvirtojen riski on olemassa, koulutuksessa on nimenomaisesti mainittava näistä riskeistä. Koulutuksessa on myös kerrottava näiden riskien vähentämiseksi toteutetuista toimenpiteistä, erityisesti jos toimenpiteet edellyttävät toimia työntekijöiltä.

Annettava koulutus tulisi dokumentoida.

9.5.7 Työpaikkojen ja työpisteiden suunnittelu

Sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit voidaan usein alentaa hyvin vähäisiksi pienin tai täysin olemattomin kustannuksin kiinnittämällä hiukan tavallista enemmän huomiota työpaikan yleiseen ja yksittäisten työpisteiden erityiseen suunnitteluun.

Esimerkiksi voimakkaita kenttiä synnyttävät laitteet voidaan usein sijoittaa etäälle yleisessä käytössä olevista käytävistä ja muista paljon käytetyistä alueista. Kaikissa tapauksissa on huolellisesti varmistettava, että laitteet, joiden ei voida taata täyttävän altistumisen raja-arvoja, sijoitetaan niin, että pääsy niiden lähelle voidaan asianmukaisesti rajoittaa.

Voimakkaita kenttiä synnyttävät laitteet olisi sijoitettava siten, että riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden ei tarvitse kulkea sellaisten kenttien läpi, jotka saattaisivat altistaa heidät riskeille. Tällaisten kenttien ei siis koskaan pidä ulottua yleisessä käytössä oleville käytäville eikä muille alueille, paitsi silloin, jos on hyväksyttävää pitää asianomaiset työntekijät tällaisten alueiden ulkopuolella.

Työpaikkojen suunnittelussa työnantajien pitäisi muistaa, että väliseinät eivät yleensä heikennä magneettikenttiä, joten huomiota on kiinnitettävä myös lähialueille pääsyyn. Tätä havainnollistetaan oppaan osaan 2 kuuluvassa teknistä työpajaa koskevassa tapaustutkimuksessa magneettijauhettarkastuslaitteeseen liittyvällä esimerkillä.

Työpisteiden suunnittelu on usein myös tärkeää. Kuvan 9.10 esimerkissä pistehitsauskoneen edessä – eli kohdassa, jossa koneen käyttäjä on – kenttä on heikompi kuin koneen sivulla. Tällaisessa tilanteessa on tärkeää organisoida työpiste niin, että koneen käyttäjä istuu tai seisoo oletetussa kohdassa (kuva 9.10), ja kiinnittää samalla huomiota muita tehtäviä suorittavien työntekijöiden sijaintiin.

Kuva 9.10 Havainnollistavat esimerkit hyvästä ja huonosta työtavasta, kun järjestetään pistehitsauskoneen työpistettä ja suunnitellaan koneen käyttäjän sijaintia



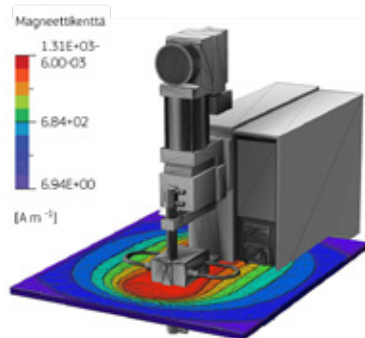
Hyvä työtapa:

Kenttä on pistehitsauskoneen sivuilla voimakkaampi kuin koneen edessä. Tässä mallissa työntekijä seisoo hitsatessaan laitteen edessä. Näin ollen työntekijän altistuminen pysyy pienenä.



Huono työtapa:

Tässä mallissa työntekijä joutuu hitsatessaan seisomaan laitteen sivulla. Näin ollen työntekijän altistuminen on suurempi.



Kuvasta näkyy, että magneettikentän voimakkuutta kuvaavat viivoilla rajatut alueet ulottuvat hitsauskoneen sivuilla muuta ympäristöä laajemmalle

9.5.8 Hyvien työtapojen omaksuminen

Työntekijät voivat usein minimoida voimakkaiden kenttien syntymistä tai vähentää omaa altistustaan tekemällä työtapoihinsa yksinkertaisia muutoksia. Esimerkiksi tilanteessa, jossa syöttö- ja paluuvirrat kulkevat erillisissä johtimissa, johtimet tulisi mahdollisuuksien mukaan sijoittaa lähelle toisiaan. Tämä yleensä heikentää syntyvää kenttää merkittävästi, sillä vastakkaiset virtaukset mahdollistavat kentän kumoutumisen.

Työntekijöiden tulisi pitää huolta siitä, että kaapelit eivät olisi kosketuksissa heidän kehoonsa, erityisesti silloin, kun käytössä on erilliset syöttö- ja paluukaapelit. Kuvan 9.11 esimerkeissä havainnollistetaan hyvää ja huonoa työtapaa hitsauksessa. Hitsauskaapelit

ovat raskaita ja yleensä rajoittavat hitsauspistoolin liikkeitä. Näistä syistä hitsaajilla on yleisesti tapana tukea hitsauskaapeli olkapään päälle tai jopa ripustaa se kaulan ympäri. Tällöin voimakkaan kentän lähde on väistämättä lähellä aivoja ja selkäydintä. Kaapelin tukeminen toisella tavalla vähentäisi altistumista ja parantaisi lisäksi työn ergonomisuutta.

Kuva 9.11 Esimerkit hyvästä ja huonosta työtavasta kaarihitsauskaapelin reitityksessä



Hyvä työtapa:

Kaapeli ei ole kosketuksissa työntekijän kehoon, joten altistuminen kentälle pysyy matalana.

Syöttö- ja paluukaapelit pidetään mahdollisuuksien mukaan yhdessä niin, että kentän kumoutuminen vähentää kenttien voimakkuutta työympäristössä.



Huono työtapa:

Tässä esimerkissä työntekijä kannattelee hitsauskaapelin painoa olkapäällään. Tämän seurauksena kaapeli on pään ja kehon lähellä ja altistus on suurempi.

• Kaapeli riippuu olkapäällä



Huono työtapa:

Tässä esimerkissä työntekijä kannattelee hitsauskaapelin painoa olkapäällään ja kaapeli muodostaa kaulan ympäri kulkevan silmukan. Tämän seurauksena kaapeli on pään ja kehon lähellä ja altistus on suurempi.

• Kaapeli kulkee kaulan ympäri

Vastaavasti magneettijauhetarkastuksessa on tapana suorittaa työtehtävän päätteeksi demagnetointijakso, josta syntyvä kenttä on tavallisesti alkuvaiheessa voimakkaampi kuin tarkastusjakson aikana. Toisin kuin tarkastusjakson aikana, tarkastuksen tekijän ei kuitenkaan tarvitse olla työkappaleen lähellä demagnetoinnin aikana, joten hyvä työtapo olisikin se, että hän seisoi prosessin tässä vaiheessa etäällä laitteistosta.

Tietyissä tilanteissa demagnetointi toteutetaan demagnetointikelalla (ks. teknistä työpajaa koskeva tapaustutkimus tämän oppaan osasta 2). Tällaisiin keloihin kuuluu yleensä kisko ja pieni vaunu, johon työkappale asennetaan. Laitteen käyttäjän altistumista voidaan minimoida siten, että työkappale ja vaunu työnnetään kelan läpi työntösauvojen avulla.

9.5.9 Ennaltaehkäisevät huolto-ohjelmat

Sähkömagneettisia kenttiä synnyttävillä laitteilla tulisi olla huolto-ohjelma, johon kuuluu säännönmukaisesti toteutettavia ennalta ehkäiseviä huoltotoimenpiteitä. Lisäksi laitteet olisi tarvittaessa tarkastettava niiden tehokkaan toiminnan varmistamiseksi. Työvälineiden käyttöä koskevassa direktiivissä (ks. liite G) edellytetään työvälineiden riittävää huoltoa, jonka avulla voidaan minimoida laitteen kunnan heikentymisestä aiheutuva päästöjen kasvu.

Teknisiä toimenpiteitä, joilla rajoitetaan päästöjä tai rajoitetaan pääsyä kosketuksiin voimakkaiden kenttien kanssa, tulisi niin ikään huoltaa, tarkastaa ja testata säännöllisesti sen varmistamiseksi, että niiden toimintateho ei ole laskenut.

Tällaisten huolto- ja tarkastustoimintojen tiheys riippuu laitteen luonteesta, käytöstä ja sijaintiympäristöstä. Yleensä laitteiden valmistajat antavat suosituksia asianmukaisista huoltoväleistä, ja useimmiten näitä suosituksia noudattamalla laite pysyy tyydyttävässä toimintakunnossa. Poikkeuksellisen ankara toimintaympäristö tai laitteen raskas käyttö voi kuitenkin nopeuttaa laitteen kunnan heikkenemistä, joten tällöin huoltoja ja tarkastuksia on yleensä suoritettava tavallista useammin.

9.5.10 Liikkumisen rajoittaminen staattisissa magneettikentissä

Voimakkaissa staattisissa magneettikentissä liikkuminen saattaa synnyttää kehoon indusoituvia pientaajuuksisia sähkökenttiä, joilla voi olla monenlaisia vaikutuksia. Tällaiset vaikutukset voidaan minimoida rajoittamalla liikkumista ja liikkumisnopeutta näissä kentissä. Erytisen tärkeää tämä on silloin, kun liikutetaan kehon eri osia, esimerkiksi pyöritetään päätä. Koulutuksen ja/tai käytännön kokemuksen myötä työntekijät voivat oppia rajoittamaan liikkeitään ja tällä tavoin minimoimaan mahdollisia vaikutuksia.

9.5.11 Työnantajien välinen koordinaatio ja yhteistyö

Mikäli eri työnantajien palveluksessa olevien työntekijöiden on työskenneltävä samassa työkohteessa, työnantajien tulisi vaihtaa keskenään tietoja sen varmistamiseksi, että kaikkien työntekijöiden suojaus on riittävä. Tällaisia tilanteita on yleensä laitteiden asennuksen, käyttöönoton ja huollon yhteydessä, mutta myös muulloin. Usein työnantajat esimerkiksi ulkoistavat monia tukitoimintoja. Tällaisia ovat muun muassa siivous, kiinteistöhoito, varastonhoito ja logistiikka, työterveyspalvelut ja tietotekniikkapalvelut.

Sähkömagneettisiin kenttiin liittyvistä tiedoista työnantajien tulisi muille ilmoittaa tiedot, jotka koskevat mahdollisia pääsy- tai toimintarajoituksia, joita voidaan joutua soveltamaan tietyllä alueella, ja riskejä, joita saattaa kohdistua riskeille erityisen alttiisiin työntekijöihin. Työnantajien on sovittava keskenään tällaisista rajoituksista, ja jokaisen työnantajan tulisi varmistaa, että hänen työntekijänsä noudattavat niitä.

9.6 Henkilönsuojaimet

Puitedirektiivin ehkäiseviä toimenpiteitä koskevissa periaatteissa (ks. taulukko 9.1) todetaan selkeästi, että yleisen suojelun tulisi aina olla ensisijaista yksilöllisiin suojelutoimenpiteisiin nähden. Toisinaan saattaa kuitenkin olla mahdotonta toteuttaa sellaisia teknisiä tai organisatorisia toimenpiteitä, joilla taattaisiin riittävä yleinen suoja. Näissä tilanteissa voi olla pakko turvautua henkilönsuojaimiin.

Kuten teknisiä toimenpiteitä koskevassa jaksossa on edellä mainittu, sähkökentiltä suojautuminen on melko yksinkertaista, mutta tehokas suojautuminen magneettikentiltä on vaikeaa. Niinpä henkilönsuojainten käyttö ei yleensä anna suojaa magneettikentiltä. Henkilönsuojainten tehokkuus riippuu kentän taajuudesta, joten suojaimet, jotka sopivat käytettäväksi yhdellä taajuusalueella, eivät todennäköisesti sovellu muille taajuusalueille.

Asianmukaisen laitteen valinta riippuu tilanteesta ja torjuttavien riskien luonteesta. Näin ollen eri tilanteissa eristävät tai johtavat kengät, saappaat tai käsineet voivat kaikki vähentää riskejä tehokkaasti. Kun tilanne edellyttää eristävien jalkineiden käyttöä, tukevien työsaappaiden tai paksulla kumipohjalla varustettujen kenkien hankkimisen pitäisi yleensä riittää. Jos arvioinnista käy ilmi, että tällaiset jalkineet eivät riitä, voidaan joutua turvautumaan erikoistuneen turvalaitteiden toimittajan palveluihin.

Suojalaseilla voidaan suojata silmiä suurtaajuuskentiltä. Tietyissä tilanteissa pitää ehkä käyttää yhtenäisiä suojapukuja, mutta on syytä huomata, että suojapuvut voivat aiheuttaa uusia riskejä, sillä ne voivat hidastaa puvun käyttäjän liikkumista ja lämmön haihtumista.

Henkilönsuojaimia on huollettava asianmukaisesti, ja suojaimet on tarkastettava säännöllisesti, jotta voidaan varmistaa, että ne ovat toimintakunnossa.

Muiden riskien torjuntaan tarkoitettujen henkilönsuojaimien soveltuvuutta voimakkailta sähkömagneettisilta kentiltä suojautumiseen tulisi harkita tarkoin. Esimerkiksi teräksisillä kärkivahvikkeilla varustetut turvasaappaat eivät välttämättä sovi käytettäväksi ympäristössä, jossa on voimakkaita staattisia magneettikenttiä, kun taas pientaajuiset magneettikentät voivat kuumentaa teräsosan, jos ovat tarpeeksi voimakkaita. Tietyt suojapuvut sisältävät elektronisia komponentteja, joissa voi esiintyä häiriöitä voimakkaissa kentissä. Samankaltaisia ongelmia voi ilmetä käytettäessä aktiivisia kuulosuojaimia.

10 HÄTÄVALMIUS

Mikäli työnantajien toimintaan liittyy sellaisia laitteita tai toimintoja, joista voi aiheutua vaaratapahtuma, heidän pitäisi ottaa käyttöön hätäsuunnitelma, jolla vaaratapahtuman seuraukset voidaan hoitaa. Tässä yhteydessä vaaratapahtumia ovat muun muassa tilanteet, joissa henkilö saa vammoja tai sairastuu, läheltä piti -tapahtumat ja ei-toivotut olosuhteet. Vaaratapahtumiin voidaan lukea tilanteet, joissa altistumisen raja-arvo ylittyy ilman, että kukaan saa vammoja (ja mikäli tilanteeseen ei sovelleta poikkeusta). Näin käy esimerkiksi silloin, jos antennin virittäjä astuu tietämättään suurteholähtetimen sulkualueelle ennen kuin lähettimestä on katkaistu virta.

Vaaratapahtumia voi aiheutua myös epäsuorista vaikutuksista, esimerkiksi häiriöistä implantoidussa lääkinnällisessä laitteessa tai syttyvien kaasujen syttymisestä. Esimerkkejä tästä ovat myös tilanteet, joissa voimakkaan staattisen magneettikentän vetovoima ajaa ferromagneettisen esineen ydinmagneettista resonanssia hyödyntävän laitteiston ytimeen (ns. "sinkoutumisvaikutus").

Taulukko 10.1 Valmiussuunnitelmissa huomioon otettavat skenaariot

Valmiussuunnitelmissa pitäisi määritellä toimenpiteet ja velvollisuudet seuraavien tilanteiden varalta:
Työntekijän tosiasiallinen altistuminen ylittää altistumisen raja-arvon (ilman sovellettavaa poikkeusta)
Epäsuorasta vaikutuksesta aiheutuu tosiasiallinen vaaratapahtuma
On syytä epäillä, että työntekijän altistuminen ylittää altistumisen raja-arvon
Epäsuorasta vaikutuksesta aiheutuu läheltä piti -tapahtuma tai ei-toivottuja seurauksia

10.1 Suunnitelmien laadinta

EMF-direktiivin 4 artiklan mukaan laaditun riskinarvioinnin pohjalta työnantajan pitäisi voida yksilöidä kohtuudella odotettavissa olevat vaaratapahtumat (ks. oppaan luku 5). Sen jälkeen, kun työnantaja on yksilöinyt mahdolliset vaaratapahtumat ja hahmottanut niiden luonteen, hän pystyy kehittämään suunnitelmia seurausten hoitamiseen. Joissain tapauksissa valmistajat saattavat omassa dokumentaatioissaan määritellä hätätilannemenetelmät, joita olisi ensi sijassa noudatettava.

Useimmilla työnantajilla on jo entuudestaan käytössä yleisiä hätäsuunnitelmia, joten mahdolliset sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat vaaratapahtumat kyetään ehkä hoitamaan näillä jo olemassa olevilla järjestelyillä. Hätäsuunnitelmissa voidaan määritellä ensiavun antamista koskevat järjestelyt ja myöhemmin suoritettavat lääkärintarkastukset (ks. oppaan luku 11). Kaikissa tapauksissa suunnitelmien yksityiskohtaisuus ja monimutkaisuus riippuu asianomaisesta riskistä. Kannattaa harjoitella hätäsuunnitelmien noudattamista, sillä näin voidaan havaita puutteet ja pitää suunnitelmien yksityiskohdat mielessä kirkkaina.

10.2 Vaaratapahtumiin reagoiminen

Vaaratapahtumiin on väistämättä reagoitava dynaamisesti ja tapahtuman luonteen ja vakavuuden mukaisesti. Kuvassa 10.1 havainnollistetaan sitä, millaisen tapahtumasarjan vaaratapahtumaan reagointi tavallisesti synnyttää. Kaikki toimenpiteet eivät välttämättä kuulu jokaiseen vaaratapahtumaan.

Alkuhetkellä annettavassa vaaratapahtumaa koskevassa raportissa olisi annettava mahdollisimman paljon tietoja tutkinnan helpottamiseksi. Raporttiin kuuluvat yleensä seuraavat tiedot:

- Kuvaus vaaratapahtuman luonteesta
- Miten vaaratapahtuma syntyi
- Tarkat tiedot kaikista tapahtumassa mukana olleista henkilöstön jäsenistä ja heidän sijaintipaikoistaan tapahtuman aikana
- Tarkat tiedot mahdollisista vammoista
- Tiedot tapahtumaan liittyneestä sähkömagneettisen kentän lähteestä
 - Taajuus
 - Teho
 - Toimintavirrat ja -jännitteet
 - Käyttöjaksot (tarvittaessa)

Kuva 10.1 Tavanomainen tapahtumasarja reagoitaessa vaaratapahtumaan



Lisätietoja siitä, miten tapaturmaisia altistumisia radiotaajuuskentille voidaan hallita, on saatavissa Työterveyslaitoksen raportista (Alanko et al., 2014). Raportin liitteissä on mallit alustavalle tapahtumaraportille ja tekniselle raportille.

11 RISKIT, OIREET JA TERVEYDENTILAN SEURANTA

EMF-direktiivin 8 artiklassa käsitellään työntekijöiden terveydentilan seuranta, jonka tulisi täyttää puitedirektiivin 14 artiklan vaatimukset. Sähkömagneettisia kenttiä koskevan terveydentilan seurannan edellyttämät järjestelyt laaditaan todennäköisesti jäsenvaltioissa jo käytössä olevien järjestelmien pohjalta. Terveystietojen käytössä tulee noudattaa kansallista lainsäädäntöä ja käytäntöä.

11.1 Riskit ja oireet

Sähkömagneettisille kentille altistumisen vaikutuksista esitetään yhteenveto luvussa 2, ja liitteessä B annetaan lisätietoja altistumisen terveysvaikutuksista. Altistumiset, jotka ylittävät altistumisen raja-arvot, voivat pientaajuuskentillä saada aikaan vaikutuksia hermokudoksissa ja lihaksissa ja suurtaajuuskentillä lämpövaikutuksia. Metalliesineiden koskettaminen voi kummallakin taajuusalueella aiheuttaa sähköisku ja palovammoja. Kentät tai altistukset, jotka ylittävät selvästi toimenpidetasot tai altistumisen raja-arvot, aiheuttavat yleensä aina fyysisiä vammoja. Toimenpidetasoihin ja altistumisen raja-arvoihin sisältyy turvamarginaali, joten lyhyt yksittäinen altistuminen, joka vain juuri ja juuri ylittää asianomaisen raja-arvon, ei välttämättä aiheuta haittavaikutuksia.

11.1.1 Staattiset magneettikentät (0–1 Hz) ⁽¹⁾

Staattiset magneettikentät, joiden vuontiheys on yli 0,5 mT, saattavat aiheuttaa häiriöitä aktiivisissa implantoituissa lääkinällisissä laitteissa, kuten sydämentahdistimissa ja kammiovärinäpoistajissa, tai keholla mukana kannettavissa lääkinällisissä laitteissa, kuten insuliini-infuusiopumpuissa. Tällaisten häiriöiden seuraukset voivat olla erittäin vakavia.

Jos altistuminen staattisille magneettikentille ylittää selvästi terveysvaikutusraja-arvot, se voi muuttaa raajojen verenkiertoa ja/tai sydämen lyöntitiheyttä. Näitä vaikutuksia ei vielä tunneta kovin hyvin eivätkä ne välttämättä aiheuta riskiä terveydelle.

Oleskelu tai liikkuminen voimakkaissa staattisissa magneettikentissä voi aiheuttaa huimausta, pahoinvointia ja muita aistinelimiin kohdistuvia vaikutuksia. Vaikutuksiin voi kuulua myös muutoksia huomiokyvyssä, keskittymisessä tai muissa älyllisissä toiminnoissa. Muutokset voivat olla vaikeammin havaittavia, mutta ne voivat haitata työssä suoriutumista ja heikentää työturvallisuutta. Tilanteet, joissa tehdään nopeita liikkeitä ja koko kehon altistus on yli 8 T tai joissa vuontiheys muuttuu nopeasti, voivat indusoida hermojen stimulaatiota ja tahattomia lihassupistuksia. Tällaiset vaikutukset ovat väliaikaisia, joten oireet todennäköisesti lakkaavat, kun altistuminen päättyy.

⁽¹⁾ Tieteessä staattisten magneettikenttien taajuus on 0 Hz, mutta EMF-direktiivissä niiden taajuudeksi on määritelty 0–1 Hz.

11.1.2 Pientaajuusiset magneettikentät (1 Hz–10 MHz)

Matalan toimenpidetason alle jäävä altistuminen pientaajuuskentille saattaa häiritä aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden tai keholla mukana kannettavien lääkinällisten laitteiden normaalia toimintaa. Millä tahansa toimintahäiriöllä voi olla vakavia seurauksia. Passiiviset metalliset implantit saattavat synnyttää kehoon paikallisia alueita, joilla sähkökentät ovat muita alueita voimakkaampia, kun taas implantit itse saattavat kuumentua induktiivisesti ja saada aikaan lämpövaurioita.

Ensimmäinen merkki toisen työntekijän liiallisesta altistumisesta voi olla se, että hän ilmoittaa näkevänsä epäselviä välkkyviä kuvia (fosfeeneja), jotka voivat olla häiritseviä tai kiusallisia. Herkkyys huippu sijoittuu kuitenkin 16 Hz:n kohdalle, ja kenttien olisi oltava erittäin voimakkaita (paljon voimakkaampia kuin kentät, joiden kanssa työntekijät yleensä joutuvat tekemisiin), jotta fosfeeneja esiintyisi muilla taajuuksilla. Tällaisten oireiden ohella työntekijät voivat tuntea pahoinvointia tai huimausta ja heidän päättely-, ongelmanratkaisu- ja päätöksentekokykynsä saattavat hienoisesti muuttua altistumisen aikana, mikä heikentää heidän työssä suoriutumistaan ja turvallisuuttaan. Staattisille magneettikentille altistuttaessa nämä vaikutukset ovat kuitenkin väliaikaisia ja häviävät todennäköisesti sen jälkeen, kun altistuminen on päättynyt.

Työntekijöillä saattaa esiintyä hermojen stimulaatiota, joka ilmenee pistelyn tunteena tai kipuna, sekä hallitsematonta nykimistä tai muita lihassupistuksia. Kun ulkoiset kentät ovat hyvin voimakkaita, vaikutukset saattavat kohdistua myös sydämeen (eteisvärinä). Käytännössä tällaisia vaikutuksia esiintyy todennäköisesti vain kentillä, jotka ovat huomattavasti voimakkaampia kuin työpaikoilla yleensä.

Lisäksi tämän taajuusalueen ylärajalla altistumiset saattavat aiheuttaa lämpövaikutuksia (ks. jakso 11.1.4).

11.1.3 Pientaajuusiset sähkökentät (1 Hz–10 MHz)

Pientaajuusisten sähkökenttien vaikutukset hermokudoksiin ja lihaksiin ovat samankaltaisia kuin magneettikenttien vaikutukset. Ensimmäiset merkit voimakkaista sähkökentistä liittyvät kuitenkin todennäköisesti siihen, että kehon ihokarvat alkavat liikkua tai väräillä ja työntekijät alkavat saada sähköiskuja koskettaessaan kentän maadoittamattomia sähköä johtavia esineitä. Ihokarvojen värinä voi olla outoa ja kiusallista, ja sähköiskut voivat olla kentän voimakkuuden mukaan ärsyttäviä, epämiellyttäviä tai kivuliaita. Esineiden koskettaminen voimakkaissa kentissä voi myös aiheuttaa palovammoja.

11.1.4 Suurtaajuuskentät (100 kHz–300 GHz)

Sovellettavan toimenpidetason alle jäävä altistuminen suurtaajuuskentille saattaa häiritä aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden tai keholla mukana kannettavien lääkinällisten laitteiden normaalia toimintaa. Millä tahansa toimintahäiriöllä voi olla vakavia seurauksia. Passiiviset lääkinälliset implantit, jotka ovat metallisia, voivat toimia absorboivina antennina, minkä seurauksena kudosten radiotaajuusaltistus voi paikallisesti voimistua ja aiheuttaa vammoja.

Ensimmäinen merkki altistumisesta suurtaajuuskentälle voi olla lämmön tunne, joka johtuu siitä, että kenttä kuumentaa työntekijää tai jotain hänen kehonsa osaa. Tämä ei kuitenkaan aina ole ensimmäinen merkki, eikä lämmön tunnetta voida pitää luotettavana varoitusmerkkinä. Pulssimuotoisia kenttiä on myös mahdollista "kuulla", kun taajuudet ovat 300 kHz:n ja 6 GHz:n välillä, joten altistuneet työntekijät voivat kuulla napsattelun, raksattelun tai sihinän kaltaisia ääniä.

Pitkittänyt koko kehon altistuminen voi nostaa ruumiinlämpöä. Jos lämpö nousee muutamallakin asteella, seurauksena voi olla sekavuutta, väsymystä, päänsärkyä ja muita lämpökuormituksen oireita. Vaativa fyysinen työ tai työskentely kuumissa ja kosteissa oloissa lisää tällaisten vaikutusten todennäköisyyttä. Oireiden vakavuus riippuu myös työntekijän fyysisestä kunnosta, nesteytyksestä ja työvaatetuksesta.

Kehon osittainen altistuminen voi aiheuttaa paikallista kuumenemistä taikka ”kuumia pisteitä” lihaksissa tai sisäelimissä ja pinnallisia palovammoja, jotka ilmenevät heti altistumishetkellä. Vakavia sisäisiä vammoja on myös mahdollista saada ilman ilmeisiä iholla havaittavia palovammoja. Voimakas paikallinen liika-altistuminen voi vahingoittaa altistuneiden raajojen lihaksia ja lähikudoksia (mediaalinen lihasaitio-oireyhtymä). Tämä tapahtuu välittömästi tai enintään muutaman päivän kuluessa. Useimmat kudokset voivat yleensä sietää korkeita lämpötiloja lyhyen aikaa ilman, että tästä aiheutuu vahinkoa, mutta altistuminen vähintään 41 celsiusasteen lämpötilalle yli 30 minuutin ajan aiheuttaa aina vahinkoa.

Mikäli altistumiseen liittyy kivesten huomattavaa kuumenemistä, siittiöiden määrä siemennesteessä saattaa laskea tilapäisesti. Kuumeneminen voi myös kohottaa keskenmenon riskiä raskauden alkuvaiheessa.

Silmän tiedetään olevan herkkä kuumuudelle, ja mikäli altistuminen on hyvin paljon altistumisen raja-arvoa suurempi, tämä voi johtaa silmän kovakalvon, värikalvon tai sidekalvon tulehtumiseen. Oireina voivat olla silmän punoitus, silmäkipu, valoherkkyys ja pupillien supistuminen. Harmaakaihi (mykiön samentuminen) on altistumisen harvinainen mutta mahdollinen myöhäinen vaikutus, joka voi ilmetä viikkoja tai kuukausia altistumisen jälkeen. Vuosia altistumisen jälkeen ilmenneistä vaikutuksista ei ole olemassa tietoa.

Mitä suurempi on kentän taajuus (noin 6 GHz tai enemmän), sitä pinnallisempaa on energian absorboituminen. Silmän sarveiskalvo absorboi tällaiset kentät, mutta altistumiset, jotka ovat paljon altistumisen raja-arvoa suurempia, aiheuttavat väistämättä myös palovammoja. Iho absorboi niin ikään tällaisia suurtaajuuskenttiä, ja jos altistumiset ovat riittävän suuria, seurauksina saattaa olla kipua ja palovammoja.

Työntekijät voivat saada sähköiskuja tai kontaktipalovammoja koskiessaan käytössä olevia antennejä tai joutuessaan kentässä kontaktiin suurten metallisten ja maadoittamattomien esineiden, kuten autojen, kanssa. Vaikutukset voivat olla samankaltaisia, jos maadoittamaton työntekijä koskettaa maadoitettua metalliesinettä. Tällaiset palovammat voivat olla pinnallisia tai ilmetä syvällä kehon sisäosissa. Metalliset implantit, muun muassa hampaiden paikat ja vartalolävistyksiset (sekä korut ja tietyt tatuointipigmentit) voivat saada aikaan kentän konsentroitumisen, josta aiheutuu paikallista kuumenemistä ja palovammoja. Käden merkittävä altistuminen saattaa lisäksi vaurioittaa hermoja.

Liiallisesti altistuneita työntekijöitä koskevat tapaukset viittaavat siihen, että myös muunlaiset oireet ovat mahdollisia. Tällaisia oireita voivat olla muun muassa päänsärkyt, vatsan toimintahäiriöt, horrostilat ja pitkäkestoiset pistelevät tuntemukset altistuneissa kudoksissa.

Tosiasialliseen tai oletettuun liika-altistumiseen voi myös liittyä stressireaktioita.

Taulukko 11.1 Vaikutuksia ja oireita, jotka liittyvät terveystaajuuksien ylittävään altistumiseen

Kenttä	Taajuus	Mahdolliset vaikutukset ja oireet
Staattiset magneettikentät	0–1 Hz	Häiriöt lääkinällisissä laitteissa Pahoinvointi ja huimaus Vaikutuksia verenkiertoon, sydämen lyöntitiheyteen, aivot toimintaan (altistus yli 7 T) Hermoston stimulaatio ja lihassupistukset (nopeat liikkeet)
Pientaajuuksiset magneettikentät	1 Hz–10 MHz	Häiriöt lääkinällisissä laitteissa Näköaistimukset Hermoston stimulaatio, joka ilmenee pistelyn tunteena tai kipuna Lihassupistukset, sydämen eteisvärinä
Pientaajuuksiset sähkökentät	1 Hz–10 MHz	Sähköiskut ja pinnalliset palovammat (esineiden koskettamisesta)
Suurtaajuuskentät	vähintään 100 kHz	Häiriöt lääkinällisissä laitteissa Lämmön tunne Lämpökuormitus Sähköiskut ja pinnalliset tai syvät palovammat (esineiden koskettamisesta) Muut oireet ovat mahdollisia

Välitaajuuksiset kentät (100 kHz–10 MHz) aiheuttavat sekä pienille että suurille taajuuksille tyypillisiä oireita.

11.2 Terveystilan seuranta

Työntekijöiden terveystilaa on seurattava säännöllisesti, mikäli kansallinen lainsäädäntö tai käytäntö sitä edellyttää. Jos kuitenkin tiedossa ei ole riskejä tai oireita, joita aiheutuisi altistumisen raja-arvon alle jäävistä altistumisista sähkömagneettisille kentille, mitään aihetta säännönmukaisesti lääkärintarkastuksiin ei ole. Seuranta voi tosin olla perusteltua muista syistä.

Työntekijöihin, jotka ovat erityisen alttiita sähkömagneettisille kentille altistumisesta aiheutuville riskeille, kuuluvat raskaana olevat naiset ja henkilöt, joilla on aktiivisia tai passiivisia implantoituja lääkinällisiä laitteita tai keholla mukana kannettavia laitteita. Näiden työntekijöiden tulee olla säännöllisessä yhteydessä työterveyshuoltoon sen varmistamiseksi, että työntekijä on täysin selvillä mahdollisista lisärajoituksista, joita häneen voidaan työympäristössä kohdistaa. Samalla työntekijä voi myös raportoida kaikista haitallisista tai odottamattomista terveystaajuuksista, ja samalla se edesauttaa tilanteen seuraamista.

Lääkärintarkastuksen järjestäminen saattaa niin ikään olla asianmukaista silloin, kun työntekijöille aiheutuu odottamattomia tai haitallisia terveystaajuuksia.

11.3 Lääkärintarkastus

Vammoja tai haittaa aiheuttavia tapaturmaisia liika-altistumisia olisi käsiteltävä niin kuin muitakin tapaturmia kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti.

Työntekijän on tarvittaessa päästävä välittömästi asianmukaisen terveydenhuollon ammattihenkilön hoidettavaksi, jos hän on saanut sähköiskuja ja/tai palovammoja, kärsii kivusta tai hänen lämpönsä on noussut. Tällaiset vaikutukset olisi hoidettava tavalliseen tapaan työpaikalla olemassa olevien järjestelmien mukaisesti. Kliinikon, jolla on tehtävään soveltuvaa asiantuntemusta, olisi seurattava sähköiskuja tai palovammoja saaneiden työntekijöiden vointia. Muiden työntekijöiden oireiden seurannasta voi vastata työntekijän oma yleislääkäri tai työterveyslääkäri.

Ei ole olemassa mitään tiettyjä tutkimuksia, joita olisi tehtävä silloin, kun henkilö on altistunut liiallisesti sähkömagneettiselle kentälle. Mitään näyttöä ei esimerkiksi ole siitä, että sähkömagneettiselle kentälle altistuminen aiheuttaisi muutoksia veriarvoissa, kuten veren kuvassa, virtsa-aineessa, elektrolyyteissä tai maksan toiminnassa. Silmätutkimus saattaa kuitenkin olla aiheellinen silloin, kun henkilö on altistunut liikaa suurtaajuuskentille, ja tutkimus on yleensä toistettava enintään kolmen kuukauden sisällä ensimmäisestä tarkastuksesta. Silmätutkimuksen suorittamisesta vastaa yleensä silmälääkäri.

11.4 Terveystiedot

Niille työntekijöille, joiden altistuminen on ylittänyt – taikka sen uskotaan ylittäneen – asianmukaiset altistumisen raja-arvot, olisi järjestettävä mahdollisuus päästä lääkärintarkastukseen. Työntekijän ei pitäisi joutua maksamaan näistä tarkastuksista, ja tarkastuksissa pitäisi voida käydä työaikana. Terveystietojen kirjaamisessa tulee noudattaa kansallista lainsäädäntöä ja käytäntöä.

Terveystiedoista tulee ilmetä tiivistetysti, mitä toimenpiteitä on suoritettu, ja tietoja on voitava käyttää myös myöhemmin, kuitenkin niin, että tiedot pysyvät salassa. Työntekijöiden pitäisi pyynnöstä saada nähdä omat tietonsa.

Tarkat tiedot liika-altistumisesta tai oletetusta liika-altistumisesta pitäisi – mikäli mahdollista – kirjata mahdollisimman nopeasti tapahtuman jälkeen. Näistä tiedoista tulisi ilmetä altistumisen voimakkuus ja kesto sekä kentän taajuus (jotta voidaan arvioida kentän tunkeutumissyvyyttä kehossa). Lisäksi on tärkeää määritellä, kohdistuiko altistus koko kehoon vai vain sen joihinkin osiin ja oliko työntekijällä sydämentahdistin tai jokin muu lääkinällinen laite. Esimerkkejä tällaisista tiedoista on saatavissa Työterveyslaitoksen raportista, jossa käsitellään sitä, miten sähkömagneettisissa kentissä voidaan työskennellä sydämentahdistimen kanssa (Alanko et al., 2013).

Jakso 5

VIITEAINEISTO

LIITE A

SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN LUONNE

Luonnossa esiintyvät sähkömagneettiset kentät ovat luultavasti meille kaikille tutuimpia. Maan magneettikentän, jonka voimme havaita maan pinnalla, uskotaan muodostuvan syvällä maan sulassa rautaytimessä syntyvistä sähkövirroista. Vaikka emme täysin ymmärrä maan magneettikentän syntyä, olemme jo vuosisatoja hyödyntäneet navigointiin tietojamme siitä, miten tämä kenttä on vuorovaikutuksessa kompassissa käytettyjen magneettisten aineiden kanssa. Vastaavasti myrskypilvissä muodostuva sähkövaraus synnyttää hyvin voimakkaita jännitteitä pilvien ja maan pinnan välille. Nämä jännitteet synnyttävät pilvien ja maan välille sähkökenttiä, jotka voivat aiheuttaa suuria ja nopeita sähkövirran purkauksia pilvien ja maan välille – näitä purkauksia me kutsumme salamoiksi.

Kuva A1 Sähkömagneettisten kenttien luonnollisia lähteitä: a) kompassi, jolla havaitaan maan staattisen magneettikentän suunta, ja b) pilvien ja maan väliset suurjännitteiset purkaukset eli ”salamat”.



A.1 Sähkömagnetismin löytyminen

Ihmiset ovat tienneet staattisen sähkön ja magnetismin vaikutuksista jo muinaisina aikoina. Kehitys kohti sähkömagneettisten ilmiöiden ymmärtämistä alkoi luultavasti kuitenkin Luigi Galvanin vuonna 1780 tekemästä havainnosta, että sammakon koivet saatiin nykimään käyttämällä kahdella eri metallilla tuotettua sähköä. Vuosikymmen myöhemmin Alessandro Volta hyödynsi tätä periaatetta Voltan pylväänä tunnetussa paristossa.

Euroopassa keksintöjen tahti jatkoi kiihtymistään, ja vuonna 1820 Hans Christian Oersted osoitti sähkövirtojen ja magneettikenttien välisen yhteyden olemassaolon saamalla kompassin neulan heilahtamaan johdolla, jossa kulkee sähkövirtaa. Andre Marie Ampere havaitsi, että virtaa kuljettavat johdot tuottivat toisiinsa kohdistuvia voimia, ja Michael Faraday tutki magneettista induktiota.

Muutamaa vuotta myöhemmin James Clerk Maxwell laati matemaattiselle perustalle rakennetun teorian sähkömagnetismista ja julkaisi teoksensa *Treatise on Electricity and Magnetism* vuonna 1873. Maxwellin kehittämiä ideoita sähkömagneettisista aalloista käytetään yhä tänäkin päivänä sähkömagneettisen teorian pohjana.

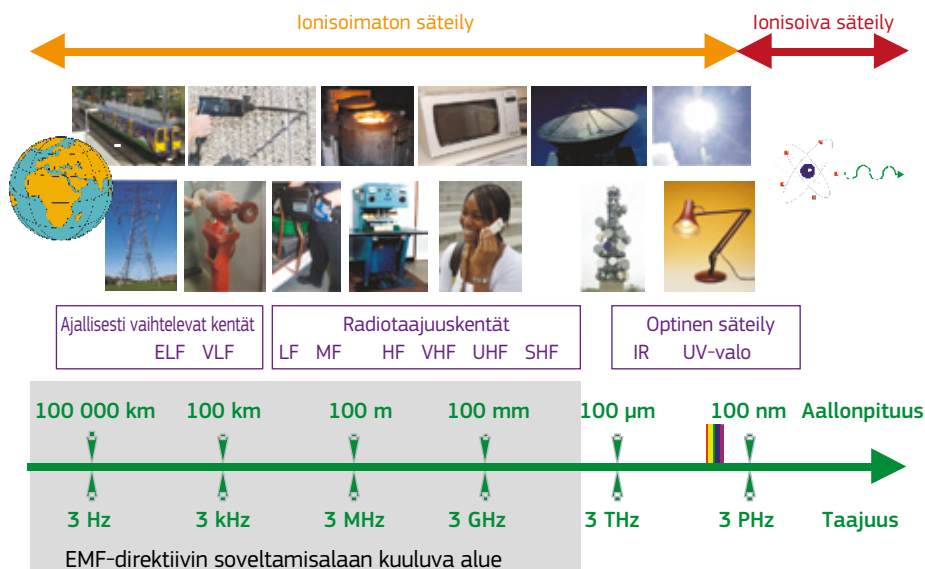
Heinrich Hertz vahvisti Maxwellin esittämät ideat oikeiksi tuottamalla ja havaitsemalla sähkömagneettisia aaltoja vuonna 1885, ja yksi vuosikymmen myöhemmin Guglielmo Marconi hyödynsi tätä keksintöä lähettäessään radiosignaalien avulla viestejä pitkien etäisyyksien päähän. Nikolai Tesla rakensi ensimmäisen vaihtovirtageneraattorin vuonna 1892, mikä oli hyvin merkittävä edistysaskel sähkövirran tuotannossa.

Sähkömagneettiset kentät ovat nykymaailmassa osa jokapäiväistä elämää. Nyky-yhteiskuntaa olisi vaikea kuvitella ilman sähkölaitteita. Sähköenergian käyttö teollisiin ja kotitalouksien tarpeisiin lisääntyi 1900-luvulla räjähdysmäisesti. Niin ikään yleisradio- ja televisio toiminnassa sähköenergian käyttö lisääntyi vastaavalla tavalla, kun taas 1900-luvun lopussa ja 2000-luvun alussa tietoliikenteen alalla tapahtui vallankumous matkapuhelimien ja muiden – nykyään yleiseen käyttöön levinneiden – langattomien laitteiden myötä. Sähkömagneettisia kenttiä käytetään yleisesti myös erikoissovelluksissa, kuten radionavigointi- ja lääketieteellisissä sovelluksissa.

A.2 Sähkömagneettinen spektri

Sähkömagneettinen spektri, jota havainnollistetaan kuvassa A2, kattaa laajan joukon säteilylajeja eri taajuuksilla ja eri aallonpituuksilla. Taajuuden ja aallonpituuden välistä suhdetta selostetaan liitteessä C. EMF-direktiiviä sovelletaan spektrin siihen alueeseen, joka alkaa staattisista kentistä (0 Hz) ja päättyy ajallisesti vaihteleviin sähkömagneettisiin kenttiin, joiden taajuus on enintään 300 GHz (0,3 THz). Mäntäalueella tavataan säteilylajeja, joita yleisesti nimitetään staattisiksi kentiksi, ajallisesti vaihteleviksi kentiksi ja radioaaltoiksi (myös mikroaaltoiksi). Sähkömagneettisen spektrin niihin alueisiin, joihin EMF-direktiiviä ei sovelleta, kuuluvat muun muassa optisen säteilyn alue (infrapuna-, näkyvä ja ultraviolettisäteily) ja ionisoivan säteilyn alue. Optiseen säteilyyn sovelletaan keinotekoisista optista säteilyä koskevaa direktiiviä (2006/25/EU), ja ionisoivaan säteilyyn sovelletaan perusnormidirektiiviä (2013/59/Euratom).

Kuva A2 Sähkömagneettinen spektri

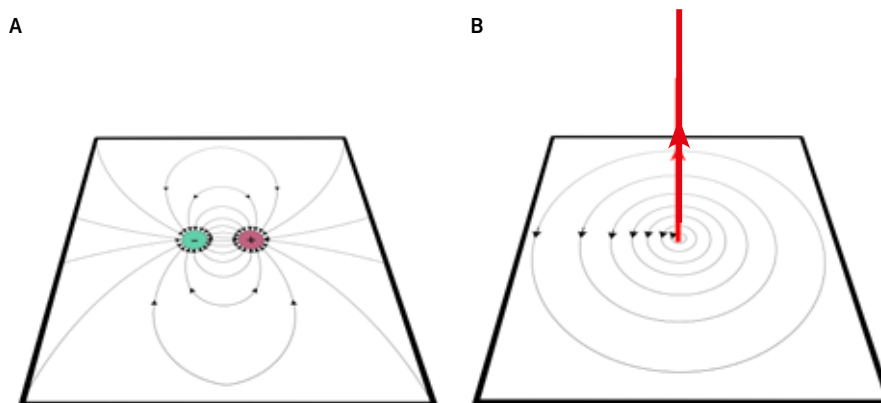


EMF-direktiivin kattaman taajuusalueen sähkömagneettisella säteilyllä ei ole tarpeeksi energiaa aineen atomeissa olevien elektronien irrottamiseen, joten tämä säteily luokitellaan ionisoimattomaksi. Röntgensäteet ja gammasäteet ovat suurenergisiä sähkömagneettisia säteilylajeja, jotka kykenevät irrottamaan tällaisia rataelektroneja ja ne luokitellaan näin ollen ionisoivaksi säteilyksi.

A.3 Sähkömagneettisten kenttien syntyminen

Sähkövaraukset synnyttävät sähkökentän. Kun sähkövaraukset liikkuvat ja synnyttävät sähkövirran, muodostuu myös magneettikenttä. EMF-direktiivillä pyritään puuttumaan nimenomaan sellaisiin terveys- ja turvallisuusriskeihin, jotka työpaikalla aiheutuvat mainituista sähkö- ja magneettikentistä.

Kuva A3 Kuvat esittävät kenttäviivoja: (a) sähkövarausten ympärillä (b) punaisella viivalla osoitetun virtaavan sähkövirran ympärillä



Magneettikentän muodostuminen pysyvän magneetin ympärille perustuu siihen, että kaikki yksittäiset magneettikentät summautuvat keskenään aineessa olevien elektronien liikkeen samansuuntaisuuden seurauksena. Ei-magneettisessa aineessa tällaista samansuuntaista järjestäytymistä ei ilmene, joten atomien ympärille syntyvät pienet magneettikentät kumoutuvat.

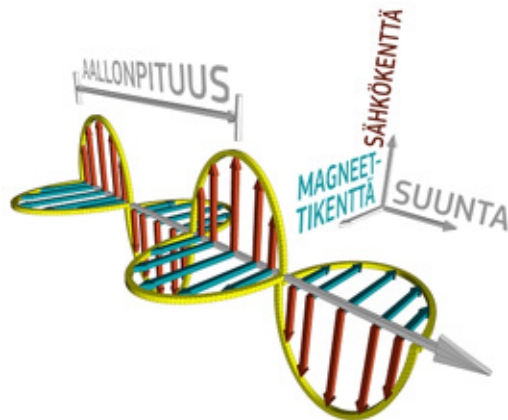
A.3.1 Ajallisesti vaihtelevat kentät

Jos esineen sähkövaraus muuttuu ajan kuluessa tai varauksen virtaus (virta) vaihtelee, syntyy ajallisesti vaihtelevia kenttiä. Ajallisesti vaihtelevien kenttien luonne määräytyy kenttien vaihtelunopeuden mukaan. Pienillä taajuuksilla sähkö- ja magneettikenttien voidaan katsoa olevan erillisiä. Kun taajuus nousee radiotaajuusalueelle, kentät kytkeytyvät toisiinsa läheisemmin: ajallisesti vaihteleva sähkökenttä indusoi magneettikentän ja päinvastoin. Tämä sähkö- ja magneettikenttien keskinäinen vuorovaikutus on syy siihen, että sähkömagneettinen säteily kykenee kulkemaan pitkiä matkoja.

A.3.2 Säteilevät sähkömagneettiset kentät

Sähkö- ja magneettikenttien välinen vuorovaikutus radiotaajuuksilla mahdollistaa sen, että energia voi säteillä syntymispisteestään pois päin. Kaukokentässä nämä mainitut kaksi komponenttia, sähkökenttä ja magneettikenttä, värähtelevät kohtisuoraan toisiaan vastaan ja kohtisuorassa siihen suuntaan nähden, johon aalto on kulkemassa. Tämä tapahtuu valonnopeudella. Lähettimen rakenteen mukaan säteily voidaan emittoida kaikkiin suuntiin tai kohdentaa johonkin tiettyyn suuntaan.

Kuva A4 Sähkömagneettinen säteily muodostuu magneetti- ja sähkökentästä, jotka värähtelevät kohtisuoraan toisiaan vastaan valonnopeudella.



LIITE B

SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN TERVEYSVAIKUTUKSET

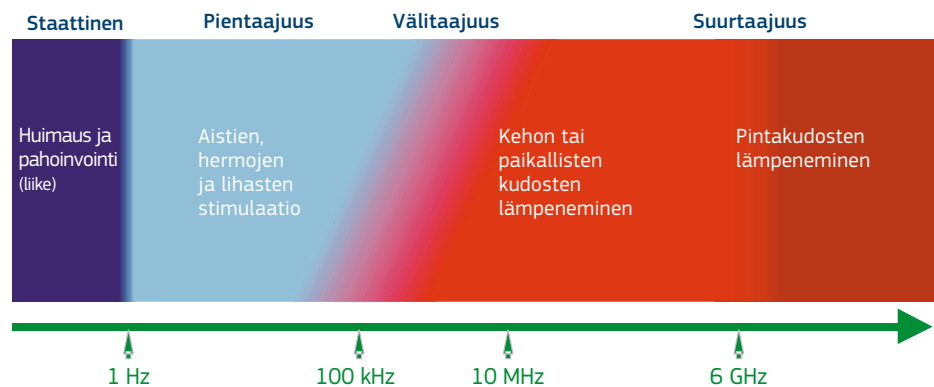
B.1 Johdanto

Sähkömagneettiselle kentälle altistumisesta aiheutuvan reaktion luonne riippuu ensi sijassa asianomaisen kentän taajuudesta. Tämä johtuu siitä, että eri taajuudet ovat kehon kanssa vuorovaikutuksessa eri tavoin, ja näin ollen pientaajuuskenttien ja suurtaajuuskenttien synnyttämät vaikutukset eivät ole keskenään samanlaisia: pientaajuuskentät stimuloivat hermoja ja lihaksia, kun taas suurtaajuuskentät saavat aikaan lämpenemistä.

Sen pohjalta, millaisessa vuorovaikutuksessa sähkömagneettiset kentät ovat ihmisen kanssa, ne voidaan jakaa neljään suureen alueeseen (kuva B1). Nämä alueet ovat seuraavat: kentät, joiden taajuus on 0–1 Hz (staattiset kentät); kentät, joiden taajuus on 1 Hz–100 kHz (pientaajuuskentät); kentät, joiden taajuus on 100 kHz–10 MHz (välitaajuuskentät); ja kentät, joiden taajuus on yli 10 MHz (suurtaajuuskentät). Kun muutaman GHz:n taajuus ylittyy, lämpeneminen rajoittuu enenevässä määrin kehon pinnalle.

EMF-direktiivissä todetaan, että vaikutukset, jotka kohdistuvat hermojärjestelmään, ovat muita kuin lämpövaikutuksia, ja lämpenemisvaikutukset, jotka aiheutuvat altistumisesta kentille, joiden taajuus on yli 100 kHz, ovat lämpövaikutuksia.

Kuva B1 Sähkömagneettisten kenttien ensisijaisia suoria vaikutuksia ilmentävä kaaviokuva, josta käyvät ilmi taajuuksien olennaiset rajakohdat, joita on käytetty EMF-direktiivin altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen määrittelyyn



Altistumisen synnyttämän reaktion suuruusluokka riippuu millä tahansa taajuudella kentän voimakkuudesta: heikot kentät aiheuttavat pääasiassa havainnointiin taikka aistinelimiin kohdistuvia vaikutuksia, ja voimakkaat kentät aiheuttavat vakavampia reaktioita. Jos altistumisen raja-arvo ei ylitä, reaktioita ei voi esiintyä – oli taajuus mikä tahansa.

EMF-direktiivillä suojellaan altistuneita työntekijöitä, sillä siinä määritellään joukko altistumisen raja-arvoja. Kullekin taajuusalueelle on määritelty aistinelimiin kohdistuvia vaikutuksia koskeva matala arvo ja terveysvaikutuksia rajoittava korkea arvo (ks. taulukko B1). Nämä arvot perustuvat kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komitean (ICNIRP)

suosituksiin, ja niissä otetaan huomioon ainoastaan altistumisen lyhyen aikavälin vaikutukset, jotka pohjaavat terveisiin biofysiisiin vuorovaikutusmekanismeihin.

Taulukko B1 Yhteenveto terveydellisistä ja aistinelimiin kohdistuvista vaikutuksista, joiden perusteella rajataan altistumista eri taajuusalueille

Kenttä ja taajuus	Aistinelimiin kohdistuvat vaikutukset	Terveysvaikutukset
Staattiset magneettikentät 0–1 Hz	Huimaus, pahoinvointi, metallin maku	Raajojen muuttunut verenkierto, muuttunut aivotoiminta; Muuttunut sydämen toiminta
Pientaajuuskentät 1 Hz–10 MHz	Fosfeenit (jotka havaitaan valovälähdyksinä); (Pieniä muutoksia aivotoiminnassa taajuusalueella 1–400 Hz)	Pistelyn tunne tai kipu (hermojen stimulaatio) Lihasten nykiminen Häiriintynyt sydämen rytmi
Suurtaajuuskentät 100 kHz–6 GHz	Mikroaaltojen kuuleminen (200 MHz–6,5 GHz)	Liiallinen koko kehon tai paikallinen lämpeneminen tai palovammat
Suurtaajuuskentät 6–300 GHz		Paikalliset lämpövauriot silmissä tai iholla

Huom. Välitaajuuskenttien (100 kHz–10 MHz) vaikutuksiin sisältyy sekä pientaajuuskenttien ja suurtaajuuskenttien vaikutuksia.

On mahdollista, että toistuvaan, pitkäaikaiseen altistumiseen liittyy joitain toistaiseksi vielä tuntemattomia terveysriskejä, mutta EMF-direktiivissä todetaan, että mitkään ehdotetuista pitkän aikavälin vaikutuksista eivät kuulu sen soveltamisalaan.

B.2 Staattiset magneettikentät (0–1 Hz)

Staattisilla magneettikentillä ei tavallisesti ole vaikutusta levossa oleviin henkilöihin, mutta jos kentät ovat erittäin voimakkaita, vaikutuksia voi ilmetä sydämessä tai aivoissa (ks. taulukko B1). Sen sijaan vaikutuksia esiintyy silloin, kun ihminen liikkuu näissä kentissä. Liikkeen myötä kudoksiin muodostuu sähkökenttiä, jotka voivat vaikuttaa hermokudoksiin. Eräät viimeaikaiset tutkimustulokset viittaavat siihen, että tällaisia vaikutuksia saattaa ilmetä myös ihmisen ollessa paikoillaan. Indusoituvien sähkökenttien voimakkuus riippuu temporaalisista ja spatiaalisista gradienteista.

Korvan tasapainoelimet ovat erittäin herkkiä, joten kentän läpi kulkeminen tai nopea pään liikuttaminen kentässä aiheuttavat heikotuksen tunnetta (huimausta). Kentät voivat vaikuttaa myös kieleen ja synnyttää makuaistimuksia. Työskentelystä magneettiresonanssikuvauksilaitteiden ympäristössä on lisäksi raportoitu aiheutuneen pahoinvointia ja muita oireita. Kaikki nämä vaikutukset ovat hetkellisiä ja häviävät, kun liike lakkaa tai hidastuu.

Siitä ei ole olemassa mitään näyttöä, että altistumisesta aiheutuisi pysyvää vahinkoa tai vakavia haittavaikutuksia. Vaikutuksia voidaan ehkäistä liikkumalla kentässä hitaasti, ja työntekijää voidaan suojata pitämällä ulkoisen magneettivuon tiheys 2 T:ssä.

B.3 Pientaajuuskentät (1 Hz–100 kHz)

B.3.1 Pientaajuuksiset sähkökentät

Kehon ulkopuoliset pientaajuuksiset sähkökentät voivat indusoida sähkökenttiä kehon kudoksiin. Kehon pinta muodostaa kuitenkin tehokkaan säteilysuojan, joten kehoon indusoituvan kentän voimakkuus on huomattavasti ulkoista kenttää heikompi.

Periaatteessa indusoituneet sähkökentät voisivat aiheuttaa samankaltaisia vaikutuksia kuin kentät, joita indusoi pientaajuuksisille magneettikentille altistumisen myötä (ks. jakso B3.2). Ihon säteilysuojavaikutuksen ansiosta indusoitunut sähkökenttä on kuitenkin yleensä liian heikko aiheuttaakseen haittavaikutuksia työpaikoilla tavallisimmin kohdattavien ulkoisten sähkökenttien tapauksessa.

Pientaajuuksisilla sähkökentillä on kuitenkin eräs vaikutus, jota magneettikenttien yhteydessä ei ole havaittu. Työntekijä voi tuntea iholla pistelyn tunnetta seisossaan riittävän voimakkaassa sähkökentässä; tämä ilmiö voidaan joskus havaita suurjännitelinjan alla silloin, kun ilmanala on kuiva. Vaikutus perustuu siihen, että pientaajuuksinen sähkökenttä synnyttää kehon pinnalla sähköisen varauksen, joka saa ihokarvat liikkumaan ja värähtelemään (kaksi kertaa pientaajuuskenttää nopeammin). Samankaltaisia tuntemuksia voidaan havaita silloin, kun ihokarvat värähtelevät vaatteita vasten.

B.3.2 Pientaajuuksiset magneettikentät

Pientaajuuksiset magneettikentät indusoi kehoon sähkökenttiä, joista voi aiheutua aistieliimien stimulaatiota, kun kenttä on heikko, tai hermojen ja lihasten stimulaatiota (erityisesti käsivarsissa ja jaloissa), kun kenttä on voimakas. Aistieliimiin kohdistuvat vaikutukset eivät ole työntekijöille haitallisia mutta voivat olla kiusallisia tai häiritseviä, ja kun kentät ovat voimakkaita, vaikutukset voivat olla epämiellyttäviä tai jopa kivuliaita.

Kudosten herkkyys eri taajuuksille vaihtelee, joten myös vaikutukset ovat erilaisia taajuuden mukaan.

Taulukko B2 Vuorovaikutuskohdat ja herkkyyshuiput vaikutuksittain

Vaikutus	Vuorovaikutuskohta	Herkkyyshuippu (Hz)
Metallin maku	Kielen reseptorit	< 1 Hz
Huimaus, pahoinvointi Hermoston ja lihasten stimulaatio	Sisäkorva (tasapainojärjestelmä) Verenkierron kautta kudoksiin indusoituneet sähkökentät	< 0,1–2 Hz
Fosfeenit	Silmän verkkokalvon solut	~ 20 Hz
Tuntoaistimukset ja kipu Indusoituneet lihassupistukset Vaikutukset sydämeen	Ääreishermosto Ääreishermosto ja lihakset Sydän	~ 50 Hz

Silmät ovat ilmeisesti erittäin herkkiä indusoituneiden sähkökenttien vaikutuksille, ja yleisimmin raportoitu altistumisen vaikutus ovat fosfeenit, jotka ovat herkästi katoavia välkkyviä näköaistimuksia näkökentän laidoilla (jokseenkin samankaltainen vaikutus voidaan synnyttää hieromalla kevyesti silmiä niiden ollessa suljettuina). Rajoittamalla sähkökentän indusoitumista hermojärjestelmään voidaan torjua näitä vaikutuksia ja suojella työntekijöitä.

Tällaiset pintavarauksivaikutukset eivät kuitenkaan rajoitu vain ihmisiin, ja mitkä tahansa metalliset tai sähköä johtavat esineet, kuten maadoittamattomat ajoneuvot tai aidat, voivat niin ikään saada sähkökentästä sähkövarauksen. Jos joku koskettaa näitä esineitä, hän saa pienen sähköiskun. Yksi sähköisku voi olla lähinnä yllättävä, mutta jos esineen

koskettamisesta aiheutuu toistuvia sähköiskuja, tilanne on vähintään kiusallinen. Sähköiskun voi myös saada henkilö, joka maadoittamattomana koskettaa maadoitettua esinettä. Asianmukaisen suojauksen mahdollistamiseksi saattaa olla aiheellista, että näissä olosuhteissa työskenteleville henkilöille annetaan erityiskoulutusta ja tämän lisäksi esineet ja työntekijät varustetaan asianmukaisilla maadoituksen valvontalaitteilla ja työntekijät käyttävät eristäviä kenkiä, käsineitä ja suojavaatteita.

B.4 Välitaajuuskentät

Välitaajuuskentät ovat pientaajuuskenttien ja suurtaajuuskenttien välillä sijaitseva siirtymäalue. Tällä alueella hermojärjestelmään kohdistuvista vaikutuksista siirrytään asteittain kohti lämpenemiseen liittyviä vaikutuksia. Hermojärjestelmävaikutuksia esiintyy pääasiassa 100 kHz:n taajuuksilla ja lämpenemisvaikutuksia 10 MHz:n taajuuksilla.



Keskeinen sanoma: välitaajuuskentät

Tässä oppaassa välitaajuuskentiksi määritellään kentät, joiden taajuus on 100 kHz–10 MHz ja jotka voivat aiheuttaa sekä lämpö- että muita kuin lämpövaikutuksia.

Muissa yhteyksissä välitaajuuskentät voidaan määritellä eri tavalla. Esimerkiksi Maailman terveysjärjestö (WHO) määrittelee välitaajuuskenttien taajuusalueeksi 300 Hz–10 MHz.

B.5 Suurtaajuuskentät

Ihmisen altistumisesta kentille, joiden taajuus on yli 100 kHz, aiheutuu lämpenemistä, mikä johtuu energian absorboitumisesta. Tilanteen mukaan seurauksena voi olla koko kehon lämpeneminen tai kehon osien, kuten raajojen tai pään, paikallinen lämpeneminen.

Terveet aikuiset kykenevät tavallisesti säätelemään ruumiinlämpöään hyvin tehokkaasti ja pitämään kehon lämmöntuotanto- ja -luovutusmekanismit tasapainossa. Tavallisesti lämmönluovutusmekanismit eivät kuitenkaan pysty hoitamaan tehtävänsä, jos energian absorboitumisnopeus on liian suuri, ja tässä tilanteessa ruumiinlämpö nousee vähitellen ja tasaisesti noin 1 celsiusasteen verran tai enemmän, mistä aiheutuu lämpökuormitusta. Tämä heikentää henkilön kykyä työskennellä turvallisesti, ja lisäksi ihmisen syvän ruumiinlämmön pitkäkestoinen nousu muutamalla – tai jopa useammalla – asteella saattaa olla hyvin vaarallista.

Rajoittamalla energian absorboitumisnopeutta (toisin sanoen ominaisabsorptionopeutta tai SAR-arvoa) voidaan välttää lämpöön liittyvät häiriöt ja suojata työntekijöitä. Koska lämpeneminen ei tapahdu hetkessä ja keho pystyy kestäämään lyhytkestoisia lämpökuormia, asianomaiset altistumisen raja-arvot määritetään keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti. Tämä tarkoittaa samalla sitä, että työntekijöiden on luvallista altistua lyhytkestoisesti suurillekin SAR-arvoille, kunhan keskimääräinen arvo ei ylity.

Muita lämmönsäätelyyn vaikuttavia tekijöitä, kuten raskasta ruumiillista työtä tai työtä kuumissa ja kosteissa ympäristöissä, ei täydy ottaa huomioon, sillä altistumisen raja-arvoihin sisältyy riittävä varomarginaali näiden tekijöiden kattamiseen.

Teollisuudessa esiintyy kuitenkin monia tilanteita, joissa altistuminen ei ole tasaista ja energiaa absorboituu vain kehon tietyille alueille, kuten käsiin ja ranteisiin. Jos näissä tilanteissa sovelletaan koko kehon raja-arvoa, altistuneilla alueilla saattaa ilmetä lämpövaurioita (sillä valtaosa energiasta absorboituu paljon pienempään kudossmassaan). Tästä syystä EMF-direktiivissä määritellään lisäksi arvot, joilla rajoitetaan kehon osien altistumista.

Näillä arvoilla pyritään ehkäisemään kehon lämpöherkkien alueiden eli silmän (silmän linssin) ja (miehillä) kivesten liiallista lämpenemistä. Kehittyvän sikiön tiedetään lisäksi olevan erityisen herkkä äidin liikalämpöisyydestä johtuville vaikutuksille, ja siksi raskaana olevat työntekijät tulisi nähdä riskeille erityisen alttiina ryhmänä.

Suurimmilla taajuuksilla (vähintään 6 GHz) kenttien säteilyä tunkeutuu kehoon vain vähän, ja lämpenemistä tapahtuu pääasiassa vain iholla. Suojauksen tulisi rajoittaa pienelle ihoalueelle absorboituvaa energiaa.

Pulssimuotoiset radiotaajuuskentät saattavat synnyttää aistihavaintoja, joita nimitetään ”mikroaaltojen kuulemiseksi”. Normaaliakuuloinen ihminen pystyy havaitsemaan pulssimoduloituja kenttiä, joiden taajuus on 200 MHz:n ja 6,5 GHz:n välillä. Havaintojen kuvataan yleensä ilmenevän raksahtelun, napsahtelun tai paukahtelun ääninä kentän modulaatiopiirteiden mukaan. Kentän havaitseminen on yleensä mahdollista silloin, kun pulssien kestot ovat muutamia kymmeniä mikrosekunteja.

Kuten pientaajuisissa sähkökentissä, myös suurtaajuuskentissä on olemassa riski saada sähköisku tai palovamma, kun henkilö koskettaa sähköä johtavaa esinettä. EMF-direktiivillä hallitaan myös tätä riskiä.

LIITE C

SÄHKÖMAGNEETTISTEN KENTTIEN SUUREET JA YKSIKÖT

Sähkömagneettisista kentistä aiheutuvat riskit riippuvat ensi sijassa kentän taajuudesta ja voimakkuudesta. Tietyn sähkömagneettisen kentän aiheuttaman vaaran arvioimiseksi kenttä on voitava määritellä käyttämällä vakiintuneita fysikaalisia suureita. EMF-direktiivissä käytettyjä suureita kuvataan seuraavissa jaksoissa.

Sähkömagneettisten kenttien suureet voidaan ilmaista eri tavoin. Tämä koskee erityisesti mittausvälineiden näyttöjä, joissa tila on joskus rajallinen. Perehtyminen yksiköistä käytettyihin eri muotoihin tekee annettujen tietojen hyödyntämisen helpommaksi. Seuraavassa on muutamia esimerkkejä.

- Etuliitteitä voidaan käyttää yksikön mittakaavamuunnoksiin, jolloin 1 V, 1 000 mV ja 1 000 000 μ V tarkoittavat kaikki samaa arvoa. Tavallisesti käytetyt etuliitteet on lueteltu taulukossa C1.
- Luvun tai yksikön jälkeen käytettävällä numeerisella yläindeksillä tai potenssimerkillä tarkoitetaan potenssia, johon luku korotetaan. Näin esimerkiksi m^2 vastaa neliömetrejä, ja sen käytöstä voidaan päätellä, että alue mitataan.
- Yksiköt voidaan ilmaista eri tavoin. Näin ollen 100 voltia per metri, 100 V/m, 100 V.m⁻¹, 100 Vm⁻¹ ja 100 Vm⁻¹ tarkoittavat kaikki samaa arvoa.

Taulukko C1 SI-yksiköiden yhteydessä käytetyt etuliitteet

Nimi	Symboli	Mittakaavatekijä
Tera	T	10 ¹² tai 1 000 000 000 000
Giga	G	10 ⁹ tai 1 000 000 000
Mega	M	10 ⁶ tai 1 000 000
Kilo	k	10 ³ tai 1 000
Milli	m	10 ⁻³ tai 0,001
Mikro	μ	10 ⁻⁶ tai 0,000 001
Nano	n	10 ⁻⁹ tai 0,000 000 001



Keskeinen sanoma: EMF-direktiivissä käytetty merkintätapa

Yksiköt voidaan ilmaista eri muodoissa. EMF-direktiivissä yksiköt ilmaistaan muodossa Vm⁻¹. Tätä merkintätapaa noudatetaan myös tässä oppaassa.

EMF-direktiivissä käytetään pilkkua osoittamaan desimaalipistettä, mikä poikkeaa tieteellisestä käytännöstä.

C.1 Taajuus (f)

EMF-direktiivissä asetetut toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot määritellään sähkömagneettisen kentän taajuuden mukaan. Taajuus ilmaistaan tavallisesti kirjaimella f .

Sähkömagneettisen kentän taajuus kuvaa sitä, kuinka monta kertaa sekunnissa sähkömagneettisen aallon huippu kulkee tietyn pisteen kautta. Se kertoo värähdysten määrän sekuntia kohti ja kuvaa näin yhtä aallon perusominaisuutta.

Taajuuden yksikkö on hertsi, jonka lyhenne on Hz.

Taajuus liittyy läheisesti sähkömagneettisen kentän aallonpituuteen, jota kuvataan symbolilla λ . Aallonpituus mitataan metreinä, ja metrin lyhenne on m.

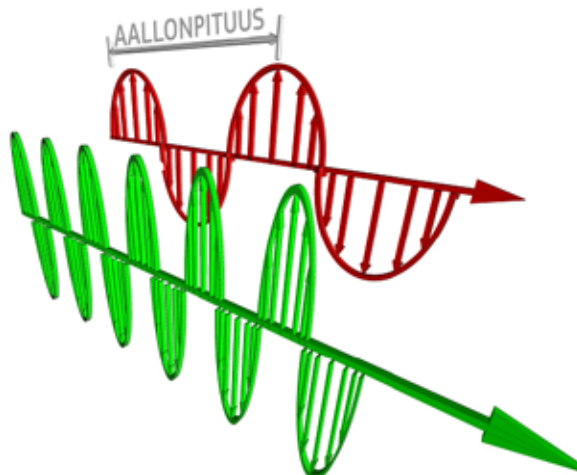
Se, miten monta aallonhuippua kulkee sekunnissa tietyn pisteen kautta, riippuu aallonpituudesta, sillä kaikki sähkömagneettiset aallot kulkevat tyhjiössä samalla nopeudella. Siten kentillä, joilla on pidempi aallonpituus, on pienempi taajuus (kuva C1).

Taajuuden yhteyttä aallonpituuteen voidaan kuvata kaavalla

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

jossa c on valonnopeus tyhjiössä ($3,0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$).

Kuva C1 Sähkömagneettisia aaltoja aallonpituuksineen. Aallolla, jonka aallonpituus on pitkä, on pieni taajuus (punainen), ja aallolla, jolla on lyhyt aallonpituus, on suuri taajuus (vihreä).



C.2 Sähkökentän voimakkuus (E)

Sähkökentän voimakkuus sähkökentän tietyssä pisteessä on voima, joka kohdistuu tuossa pisteessä olevaan positiivisesti varattuun hiukkaseen. Kyseessä on vektorisuure, jolla on sekä voima että suunta. Sähkökentän voimakkuutta voidaan verrata kukkulan rinteeseen. Mitä jyrkempi rinne, sitä voimakkaampi on voima, jolla esineet kierivät rinnettä alas. Vastaavasti mitä voimakkaampi sähkökenttä, sitä suurempi on voima, joka kohdistuu varautuneeseen hiukkaseen.

Sähkökentän voimakkuus ilmaistaan yleensä kirjaimella E ja sen yksikkö on voltia per metri.

Sähkökenttiä voi esiintyä sekä kehon ulko- että sisäpuolella. Toimenpidetasot sähkökentille, joiden taajuus on alle 10 MHz, ja sähkökentille, joiden taajuus on yli 100 kHz, määritellään ulkoisen sähkökentän voimakkuutena. EMF-direktiivin liitteessä II esitetyt muita kuin lämpövaikutuksia koskevat altistumisen raja-arvot määritellään kehon sisäisen sähkökentän voimakkuutena.

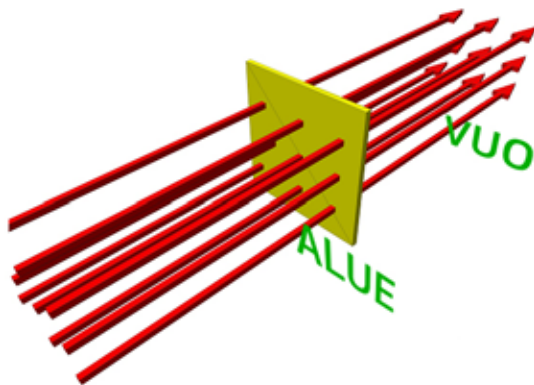
C.3 Magneettivuon tiheys (B)

Magneettivuon tiheys on tietyn alueen läpi kulkevan magneettivuon mittayksikkö (kuva C2). Magneettivuon tiheys on sitä suurempi, mitä enemmän alueella on kenttäviivoja, sillä tällöin vuoviivojen tiheys on suuri. Magneettivuon tiheys muodostaa voiman, joka kohdistuu liikkuviin varauksiin.

Magneettivuolla mitataan ”magneettisuuden määrää”. Kyseessä on skalaarisuure, joka ottaa huomioon magneettikentän voimakkuuden ja koon.

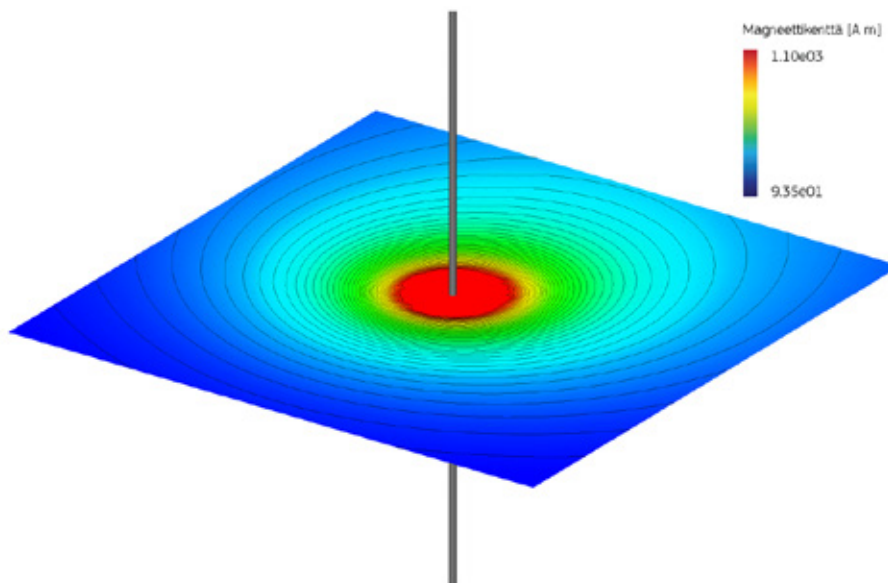
Magneettivuon tiheys ilmaistaan yleensä kirjaimella B ja sen yksikkö on tesla, jonka lyhenne on T .

Kuva C2 Magneettivuo (punainen) kulkee määrätyn alueen (keltainen) halki. Magneettivuon tiheys kuvaa magneettivuon määrää pinta-alayksikköä kohti, ja sen yksikkö on tesla.



Altistumisen raja-arvot kentille, joiden taajuus on 0–1 Hz, määritellään magneettivuon tiheytenä, ja näin määritellään myös toimenpidetasot magneettikentille, joiden taajuus on 1 Hz–10 MHz, ja sähkömagneettisille kentille, joiden taajuus on yli 100 kHz.

Kuva C3 Magneettikentän voimakkuuden spatiaalinen jakautuminen 70 A:n virtaa kuljettavan 50 Hz:n kaapelin ympärillä



C.4 Magneettikentän voimakkuus (H)

Magneettikentän voimakkuus on magneettivuon tiheyden tavoin magneettikentän voimakkuuden mittayksikkö. Magneettikentän voimakkuus ilmaistaan kirjaimella H , ja sen yksikkö on ampeeria per metri (Am^{-1}). Magneettikentän voimakkuutta ei käytetä EMF-direktiivissä, mutta ICNIRP:n ohjeissa sitä käytetään, ja monet magneettikenttien mittalaitteet ilmoittavat tuloksensa tämän suureen muodossa.

Vapaassa tilassa magneettikentän voimakkuus voidaan muuntaa sitä vastaavaksi magneettivuon tiheydeksi seuraavalla yhtälöllä:

$$B [\mu\text{T}] \approx H \times 1,25 [\text{Am}^{-1}]$$

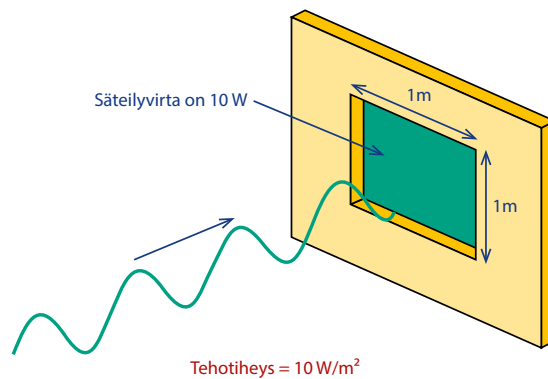
$$\text{Eli jos } H\text{:n arvo on } 800 \text{ Am}^{-1}$$

$$B\text{:n arvo on suunnilleen } 800 \times 1,25 \mu\text{T} = 1\,000 \mu\text{T} = 1 \text{ mT}$$

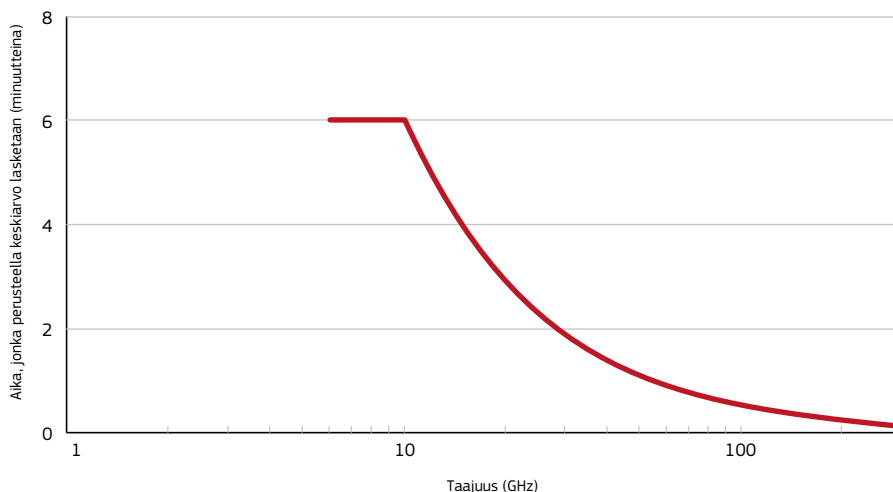
C.5 Tehotiheys radiotaajuudella (S)

Erittäin suurilla taajuuksilla (yli 6 GHz), joilla säteilyn kehoon tunkeutumissyvyys on pieni, sekä altistumisen raja-arvot että toimenpidetasot ilmaistaan tehotiheytenä ja niillä on sama numeerinen arvo. Tehotiheys määritellään watteina mitattuna säteilyn tehona neliömetreinä mitattuun pintaan nähden. Sitä merkitään symbolilla S , ja sen yksikkö on wattia neliometriä kohti (Wm^{-2}).

Verrattaessa tehotiheyttä asianomaiseen altistumisen raja-arvoon ja toimenpidetasoon tehotiheys voidaan laskea keskiarvona kutakin 20 cm^2 :n suuruista altistunutta aluetta kohti sillä edellytyksellä, että altistuneen alueen kutakin 1 cm^2 :n suuruista alaa kohti laskettu keskimääräinen tehotiheys ei ylitä 20-kertaisesti altistumisen raja-arvoa tai toimenpidetasoa (eli se ei ylitä arvoa $1\,000 \text{ Wm}^{-2}$).

Kuva C4 Tehotiheys on säteilyn teho pinta-alayksikköä kohti

Tehotiheys voidaan myös laskea keskiarvona säteilytaajuuden mukaan määräytyvää jaksoa kohti. Tälle jaksolle on esitetty kaava EMF-direktiivin liitteen III huomautuksissa A3-1 ja A1-4, ja graafisesti tämä jakso esitetään kuvassa C5.

Kuva C5 Kuvaaja, josta ilmenee, miten keskimääräisen tehotiheyden laskennassa käytettävä aika riippuu taajuudesta

C.6 Ominaisabsorptionopeus (SAR)

Ominaisabsorptionopeus (SAR) on väline, jonka avulla voidaan määrittää lukuarvo sille nopeudelle, jolla sähkömagneettista säteilyenergiaa absorboituu kehon kudoksiin massayksikköä kohti. Absorptionopeus on yhteydessä sähkömagneettisten kenttien lämpövaikutuksiin.

Ominaisabsorptionopeuden yksikkö on wattia per kilogramma, ja yksikön lyhennetään muotoon Wkg^{-1} .

Ominaisabsorptionopeus on hyödyllinen suure silloin, kun arvioidaan koko kehon altistumisista aiheutuvaa kehon ydinlämpötilan nousua. Tässä tapauksessa keskimääräinen SAR-arvo lasketaan työntekijän kehon massaa kohti. SAR-arvon noustessa kudosten lämpenemisen ja näin ollen haitallisten terveysvaikutusten todennäköisyys kasvaa. Työntekijän koko kehon keskimääräinen SAR-arvo on yleensä korkeimmillaan työntekijän kehon resonanssitaajuudella. Resonanssitaajuus riippuu ihmiskehon koosta ja muodosta sekä kehon asennosta sähkömagneettiseen kenttään nähden. Normaalipituudella ja

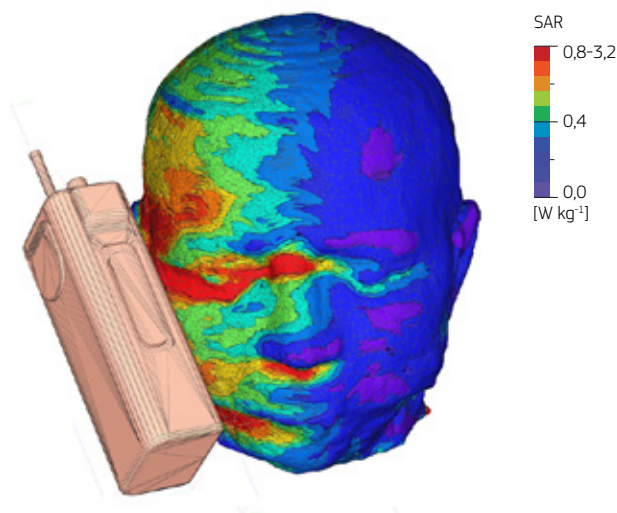
-painoisella työntekijällä resonanssi ilmenee likimain 65 MHz:n taajuudella silloin, kun työntekijä on eristetty maasta ja vaikuttava kenttä on polarisoitunut vertikaalisesti.

Paikallista SAR-arvoa voidaan soveltaa silloin, kun asianomainen sähkömagneettinen kenttä absorboituu pienelle kehon alueelle, esimerkiksi päähän silloin, kun henkilö altistuu TETRA-käsiradiolle (kuva C6). Paikallisen SAR:n keskimääräinen arvo lasketaan 10 gramman yhtenäistä tai yhteen kuuluvaa kehon kudsmassaa kohti. SAR-arvo, joka lasketaan 10 gramman yhtenäistä massaa kohti, antaa tarkan kuvan paikallisesta energian absorptiosta ja on hyvä tapa määrittää absorptiionopeuden jakautumista kehossa.

Kun kehon kudokset absorboivat energiaa säteilykentästä, kestää ennen kuin kudokset saavuttavat lämpötasapainon. Tästä syystä sekä koko kehon että paikallinen SAR-arvo lasketaan keskiarvona tiettyä (kuuden minuutin) jaksoa kohti.

Terveysvaikutusraja-arvot määritellään koko kehon ja paikallisina SAR-arvoina sähkömagneettisille kentille, joiden taajuus on 100 kHz–6 GHz.

Kuva C6 Ominaisabsorptiionopeuden (SAR) jakautuminen pään alueella altistuttaessa 380 MHz:n TETRA-käsiradiolle



C.7 Ominaisabsorptio (SA)

Ominaisabsorptio määritellään biologisen kudoksen absorboimana energiana massayksikköä kohti. Se ilmaistaan jouleina kilogrammaa kohti (Jkg^{-1}). EMF-direktiivissä suuretta käytetään asetettaessa rajoituksia pulssimuotoisen mikroaaltosäteilyn vaikutuksille.

Aistimusraja-arvot sähkömagneettisille kentille, joiden taajuus on 300 MHz–6 GHz, esitetään direktiivissä paikallisina SA-arvoina, joiden keskiarvo määritetään 10 gramman kudsmassaa kohti.

C.8 Kosketusvirta (I_c)

Passiivisten sähköä johtavien esineiden koskettamisesta sähkömagneettisessa kentässä voi syntyä kehossa virtoja, joiden seurauksena voi olla sähköisku ja palovammoja tai paikallista lämpenemistä. Tämän vaikutuksen rajoittamiseksi on asetettu toimenpidetasoja. Kosketusvirroista käytetään merkkiä I_c ja niiden yksikkö on milliampeeri (mA).

C.9 Raajassa kulkeva virta (I_L)

Indusoitunut raajassa kulkeva virta on sähkövirta, joka purkautuu maahan henkilöstä, joka on kosketuksissa sähkökenttään mutta ei kosketa sähköä johtavaa esinettä. Suure voidaan mitata joko raajan ympäriltä pihittyypisellä käänimittarilla (kuva C7) tai mittaamalla virta, joka kulkee maahan. Raajassa kulkevasta virrasta käytetään merkkiä I_L , ja suureen yksikkö on milliampeeri (mA).

Kuva C7 Virtapihti, jolla mitataan raajassa kulkevaa virtaa käytettäessä 27 MHz:n suurtaajuuksista hitsauslaitetta



LIITE D

ALTISTUMISEN ARVIOINTI

Tässä liitteessä esitetään työnantajille yleiskatsaus EMF-direktiiviin liittyvästä työperäisen altistumisen arviointiprosessista ja erityishuomioita, jotka liittyvät eritaajuisille kentille altistumisiin ja epätasaisesti jakaantuneisiin altistumisiin. Tarkoituksena ei ole määrittellä yksityiskohtaisia mittauseroita tietyjen laitteiden tai työpaikkaprosessien tutkimista varten. Ennen pitkää Cenelec ja muut standardisoimiselimet tulevat laatimaan teknisiä standardeja näihin tarkoituksiin.

Sähkömagneettiset kentät ovat monimutkaisia fysikaalisia ilmiöitä, joiden luonne vaihtelee tilassa ja ajassa. Altistuminen saattaa aiheutua etupäässä aallon sähkö- tai magneettikenttäosasta sen mukaan, millainen tilanne asianomaisella työpaikalla vallitsee. Aalto voi värähdellä yhdellä taajuudella tai koostua useista taajuuksista, joiden värähdykset tai pulssit ovat epäsäännöllisiä. Taajuus ja voimakkuus voivat myös muuttua ajan kuluessa käyttöjakson aikana.

Tietyt teollisuudessa kohdattavat tilanteet edellyttävät mittauksia, joiden perusteella arvoja voidaan verrata EMF-direktiivin toimenpidetasoihin, ja joissain tilanteissa on lisäksi välttämätöntä käyttää laskennallisia tekniikoita altistumisen arvioimiseksi EMF-direktiivin altistumisen raja-arvoihin nähden. Yleensä edistyneet arviointimenetelmät vaativat aikaa ja ovat kalliita, mutta ne antavat altistumisesta hyviä arvioita, jotka saattavat poiketa vaatimustenmukaisista arvoista muita arviointitapoja vähemmän.

Tilanteesta riippumatta arvioinnissa on aina otettava huomioon pahin mahdollinen altistumistilanne, jotta pystytään määrittämään, noudatetaanko asianomaisella työpaikalla EMF-direktiiviä.

D.1 Altistumisen arviointi – yleiset periaatteet

Kuvissa D1 (muut kuin lämpövaikutukset) ja D2 (lämpövaikutukset) sekä jaksoissa D1.1–D1.3 havainnollistetaan erästä mahdollista tapaa vaatimustenmukaisuuden arvioimiseen. Tämä malli koostuu kolmesta päävaiheesta. Pientaajuuksisiin ja suurtaajuuksisiin sähkömagneettisiin kenttiin on sovellettava eri arviointitapoja, jotta voidaan ottaa huomioon se, että nämä kentät vaikuttavat ihmisiin eri tavoin.

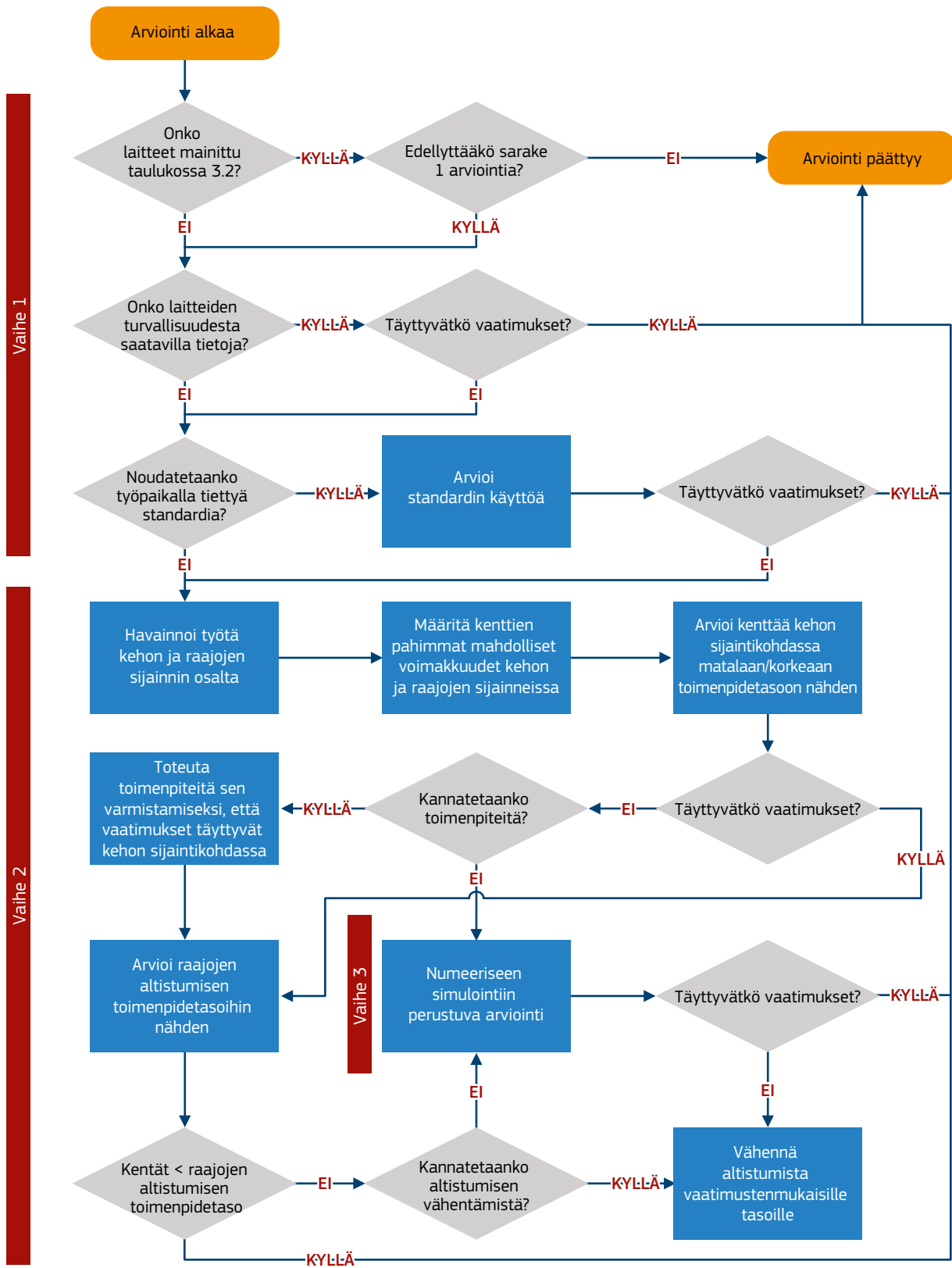
D.1.1 Vaihe 1 – Alustava arviointi

EMF-direktiivin noudattamisen osoittamista varten työnantajilla on oikeus hyödyntää valmistajan tietoja tai yleisiä arvioiteja sisältäviä tietokantoja, mikäli näitä tietoja on saatavilla. Yleensä työnantajien pitäisi tällaisia tietoja käyttämällä pystyä suorittamaan arvioinnit itse yrityksen sisällä, mikä vähentäisi tarvetta käyttää erikoistuneiden avun lähteiden, kuten turvallisuusjärjestöjen, konsulttitoimistojen ja tutkimuslaitosten, palveluita.

Ensiksi on yksilöitävä ja luetteloitava kaikki laitteet, tilanteet ja toiminnot, jotka voivat synnyttää työpaikalla sähkömagneettisia kenttiä. Tämän jälkeen on harkittava, mitkä näistä ovat EMF-direktiivin mukaisia ja mitkä edellyttävät (vaiheessa 2 ja/tai vaiheessa 3) yksityiskohtaista arviointia. Tämä luokittelu voidaan suorittaa vertaamalla tapauksia luvun 3 taulukkoon.

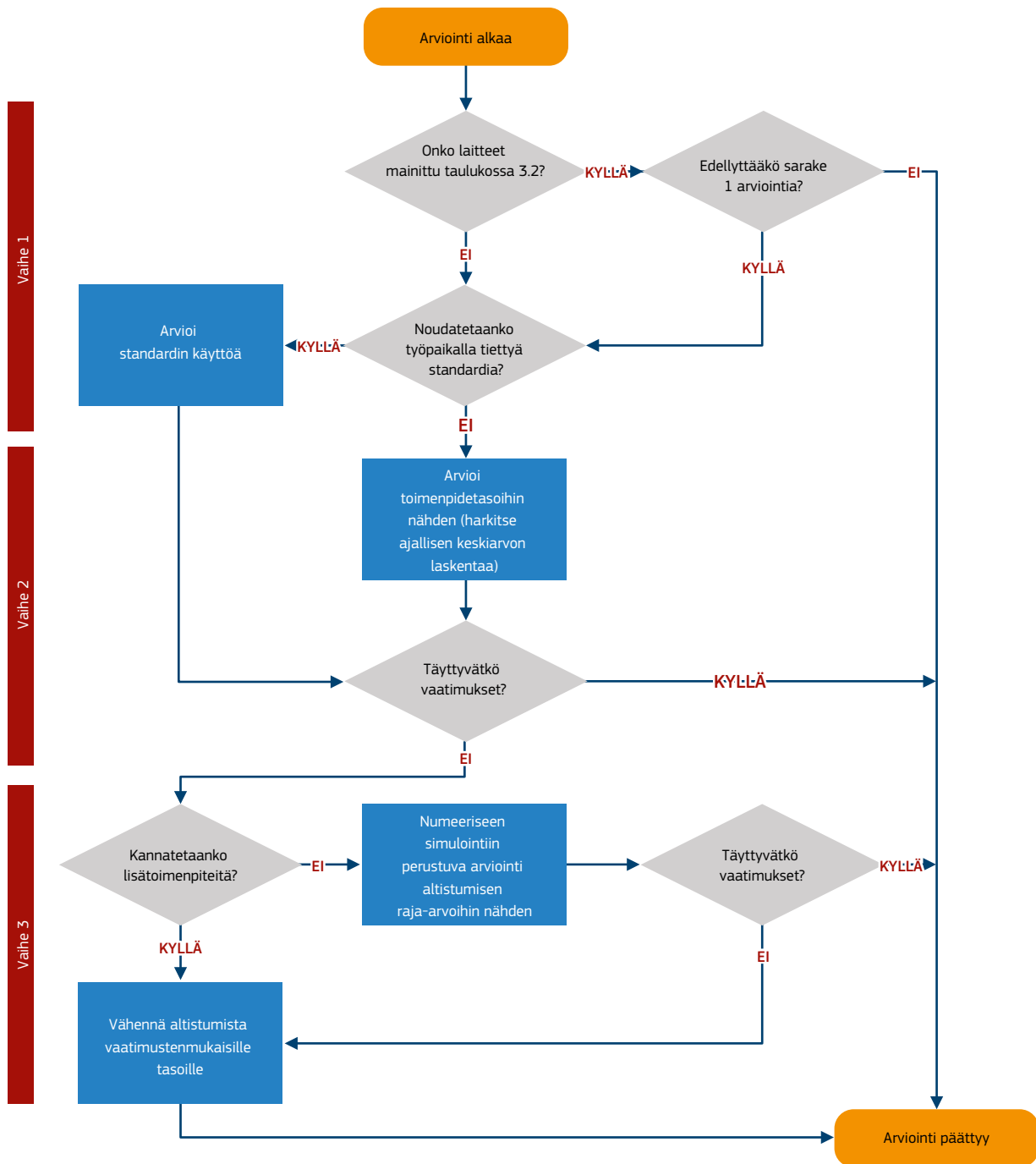
Useimmat laitteet, toiminnot ja tilanteet eivät edellytä vaiheessa 2 tai 3 suoritettavaa arviointia, sillä niissä ei joko ole kenttää tai kentät ovat erittäin heikkoja.

Kuva D1 Vuokaavio, josta ilmenevät työpaikan sähkömagneettisten kenttien muiden kuin lämpövaikutusten arvioinnin eri vaiheet



Huom. Vuokaavio perustuu muuta kuin lämpövaikutuksia koskeviin toimenpidetasoihin ja altistumisen raja-arvoihin, jotka määritellään EMF-direktiivin liitteessä II.

Kuva D2 Vuokaavio, josta ilmenevät työpaikan sähkömagneettisten kenttien lämpövaikutusten arvioinnin eri vaiheet



Huom. Vuokaavio perustuu lämpövaikutuksiin, jotka määritellään EMF-direktiivin liitteessä III. Sähkö- ja magneettikenttiä on arvioitava erikseen.

Koneiden valmistajilla on konedirektiivin (ks. liite G) nojalla määrättyjä veloitteita antaa tietoja heidän laitteidensa synnyttämistä potentiaalisesti vaarallisista kentistä. Laitteiden valmistajilta ei kuitenkaan edellytetä, että he osoittaisivat noudattavansa EMF-direktiiviä. Tosin monet valmistajat todennäköisesti näkevät, että he voivat saada kaupallista etua siitä, että he toimittavat asiakkailleen tiedot, joita nämä tarvitsevat EMF-direktiivin vaatimusten noudattamisen osoittamiseksi.

Tulevaisuudessa luultavasti kehitetään standardeja, joita noudattamalla voidaan osoittaa EMF-direktiivin vaatimusten täyttyminen. Vaikka nämä standardit ovat informatiivisia pikemminkin kuin normatiivisia, niiden tulisi toimia lähtökohtana tiedoille, joita valmistajat toimittavat. Valmistajien toimittamat tiedot sisällytetään tavallisesti laitteiden kanssa toimitettaviin käsikirjoihin. Jos näin ei ole, voidaan joutua ottamaan yhteyttä laitteen valmistajaan tai toimittajaan ja tiedustella mahdollisesti saatavilla olevia tietoja.

Jotta laitetta voidaan pitää vaiheessa 1 vaatimustenmukaisena, laitteen asennuksen, käytön ja kunnossapidon on vastattava valmistajan antamia ohjeita. Tämän lisäksi olisi pohdittava sitä, onko luultavaa, että altistumistilanne on erilainen kunnossapidon/huollon/korjauksen aikana. Jos näin on, voi olla välttämätöntä tehdä yksityiskohtaisempi arviointi vaiheessa 2.

Työpaikoilta, jotka täyttävät asianmukaiset vaatimukset vaiheessa 1, ei edellytetä mitään lisäarviointeja, mutta niiden on kuitenkin dokumentoitava tulokset yleisen riskinarvioinnin osana. Mikäli ei kyetä osoittamaan, että työpaikka täyttää vaatimukset vaiheessa 1, on tarpeen suorittaa vaiheen 2 ja mahdollisesti myös vaiheen 3 arviointi.

D.1.2 Vaihe 2 – Arviointi toimenpidetasojen suhteen

Tietyyntyyppiset laitteet, toiminnot ja tilanteet, kuten esimerkiksi ne, joiden kohdalle on merkitty ”Kyllä” taulukon 3.2 sarakkeessa 1, vaativat yksityiskohtaista lisäarviointia. Tämä saattaa olla toteutettavissa käyttämällä valmistajilta tai muista lähteistä saatavilla olevia tietoja. Mikäli tällaisia tietoja ei ole helposti saatavilla, on yleensä kuitenkin välttämätöntä selvittää vaatimustenmukaisuutta mittaus- tai laskennallisten tekniikoiden avulla. Mittauspohjaisia menetelmiä käytetään yleensä silloin, kun vaatimustenmukaisuutta arvioidaan toimenpidetasojen suhteen, ja monimutkaisia numeerisen mallinnuksen tekniikoita edellytetään käytettäväksi silloin, kun vaatimustenmukaisuutta arvioidaan altistumisen raja-arvoihin nähden.

D.1.2.1 Valmisteluvaihe

Kun valmistaudutaan vaiheen 2 arviointiin, on ensin päästävä selville siitä, mitä kyseisestä laitteesta, toiminnasta tai tilanteesta tiedetään. Selvitystyössä voidaan käyttää apuna tietoja, jotka on kirjattu työn suorittamisesta, ja valmistajan tai toimittajan antamia tietoja, mikäli sellaisia on saatavilla.

Oikean arviointimenetelmän määrittämisessä on keskeistä se, että muodostetaan selkeä käsitys siitä, miten kyseessä oleva työ suoritetaan, ja perehdytään kenttiä synnyttävän laitteen ominaispiirteisiin. Näihin kuuluvat tavallisesti tiedot laitteen taajuudesta, jännitteestä, tehosta ja käyttöjaksosta.

- Perehdy valmistajan käyttöoppaaseen ja teknisiin eritelmiin, jotka on toimitettu laitteen mukana, tutustuaksesi laitteeseen ja siihen, miten sitä pitäisi käyttää.
- Selvitä, miten asianomainen työ suoritetaan ja mikä on laitteen käyttäjän ja muiden työntekijöiden sijainti työpaikalla. Selvitä myös työntekijöiden sijainnit kunnossapito- ja korjaustöiden aikana – tämä voi edellyttää erillistä arviointia.
- Selvitä, keitä työpaikalla on läsnä; onko joku työntekijöistä ilmoittanut olevansa raskaana, käyttävänsä lääkinnällistä implanttia tai keholla mukana kannettavaa lääkinnällistä laitetta?

D.1.2.2 Kartoittavien mittausten vaihe

Useimmissa tilanteissa on tarpeen suorittaa työpaikalla kartoittavia tai pilottimittauksia arvioitavan kentän luonteen selvittämiseksi. Tällaiset mittaukset suoritetaan tutkimuksen alkuvaiheessa, sillä niiden avulla päästään selville siitä, millaisia mittauksia ja välineitä kenttien asianmukainen arvioiminen edellyttää. Taulukossa D1 annetaan muutamia esimerkkejä tekijöistä, joihin on kiinnitettävä huomiota kartoittavan vaiheen aikana.

Taulukko D1 Vaiheen 2 kartoittavien mittausten vaiheessa huomioitavia seikkoja

Sähkömagneettisen kentän ominaisuudet	Esimerkkejä huomioitavista seikoista	Vaikutukset arviointiin
Tutkittava fysikaalinen suure	Onko kenttä magneettinen, sähköinen vai sekä että?	Tieto kertoo sen, millaista välinettä mittaukset edellyttävät.
Taajuus ja värähdyslaajuus	Vaihteleeko kenttä jatkuvana aaltona yhdellä taajuudella vai onko sillä monimutkainen aaltomuoto, joka koostuu useista taajuuksista?	Tieto kertoo sen, millaista välinettä mittaukset edellyttävät. Yksinkertaisia sinimuotoisia aaltomuotoja, joilla on yksi määrätty taajuus, pystytään arvioimaan yksinkertaisilla laajakaistamittareilla, ja tuloksia voidaan verrata suoraan toimenpidetasoihin. Monimutkaisten aaltomuotojen arviointi voi edellyttää edistyneiden spektrotekniikoiden käyttöä eritaajusten komponenttien yksilöimiseksi ja monimutkaisia analyyseja, kuten RMS-menetelmää taikka huippuarvon ja keskimääräisen arvon suhteen tai painotetun keskiarvon menetelmää tulosten vertaamiseksi toimenpidetasoihin (ks. jakso D3).
Spatiaaliset ominaispiirteet	Vaihteleeko kentän voimakkuus tutkittavalla alueella, eli onko todennäköistä, että altistuminen jakautuu epätasaisesti?	Kiinnitä huomiota sondin kokoon ja mittausten suorituskohtiin ja lukumäärään. Mittaukset on toteutettava niin, että tuloksissa huomioidaan pahimmat mahdolliset altistumistilanteet (ks. jakso D2).
Temporaaliset ominaispiirteet	Vaihteleeko kentän taajuus ja/ tai voimakkuus käyttöjakson aikana?	Tieto kertoo sen, mitä välineitä mittaukset edellyttävät ja miten mittaukset on syytä ajoittaa ja mikä mittausten keston tulee olla. Käytössä voi olla lokimittareita, jolloin mittausten näytteenottonopeuteen ja integraatioaikaan on kiinnitettävä huomiota. Mittaukset on toteutettava niin, että tuloksissa huomioidaan pahimmat mahdolliset altistumistilanteet. Haastavinta mittauksissa on se, että kentän toimintaa on mitattava tarpeeksi pitkään ja riittävällä näytteenottonopeudella kentän maksimi-arvon toteutukseksi.

D.1.2.3 Tutkittava fysikaalinen suure

Pienillä taajuuksilla sähkö- ja magneettikenttiä on arvioitava erikseen. Monissa teollisissa prosesseissa käytetään suurvirtalaitteita, jotka synnyttävät magneettikenttiä. Voimakkaita sähkökenttiä tavataan työpaikoilla harvemmin, sillä vain melko harvassa sovelluksessa käytetään suuria jännitteitä tai avoimia (koteloimattomia) johtimia. Magneettikentiltä suojautuminen on huomattavasti hankalampaa.

Lisäksi on tärkeää selvittää, sijoittuuko altistuminen kaukokentälle, lähteestä etäällä olevaan sijaintikohtaan vai lähikentän alueelle. Kaukokentän ja lähikentän välinen raja määräytyy pääasiassa kentän aallonpituuden ja lähteen koon mukaan. Kaukokentällä sähkö- ja magneettikentän välinen suhde on selkeä ja määritettävissä aaltoimpedanssin avulla. Näin ollen voidaan arvioida joko sähkö- tai magneettikenttää kokonaisaltistuksen määrittämiseksi.

Lähteen lähellä sijaitsevalla lähikentällä magneetti- ja sähkökenttien välistä suhdetta on paljon vaikeampi ennustaa, sillä kentät voivat vaihdella huomattavasti jo hyvin lyhyilläkin etäisyyksillä – tästä syystä niitä on arvioitava erikseen. Mittausten suorittaminen lähikentällä on yleensä hankalaa, sillä kenttien voimakkuus voi vaihdella hyvin lyhyillä etäisyyksillä ja mittaustulokset voi kytkeytyä kenttään ja vaikuttaa näin mittaustulokseen. Voimansiirto- ja lämmitysprosesseja sisältävissä teollisissa ympäristöissä lähteen koko ja signaalin taajuus ovat sellaiset, että sähkö- ja magneettikenttiä arvioidaan erikseen.

Lähikentällä ei välttämättä pystytä tekemään luotettavia mittauksia. Vaihtoehtona on tällöin vaiheen 3 arviointi, joka perustuu numeeriseen mallinnukseen.

D.1.2.4 Spatiaalinen vaihtelu

Tutkimuksen alkuvaiheessa on tärkeää määrittää, miten kenttä jakautuu suhteessa työntekijän sijaintikohtaan ja miten kenttä vaihtelee työpaikan alueella. Arvioinnissa on kiinnitettävä huomiota siihen, missä kohdassa kenttä on voimakkain ja miten tämä kohta sijoittuu suhteessa työntekijän sijaintiin – monissa tilanteissa kenttä heikkenee nopeasti, kun etäisyys lähteestä kasvaa.

Jos kenttä vaihtelee huomattavasti lyhyilläkin etäisyyksillä, tutkimussondin kokoon on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä kookkaiden sondien tuottamat mittaustulokset voivat tällaisissa tilanteissa olla virheellisiä. Raajojen altistumisen toimenpidetasojen soveltaminen saattaa lisäksi olla tällaisissa olosuhteissa asianmukaista (sen mukaan, mitkä osat kehosta altistuvat), eivätkä ne ole yhtä rajoittavia kuin muut toimenpidetasot.

Menetelmiä spatiaalisen keskiarvon laskentaan ja vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen epätasaisesti jakautuneen altistumisen tilanteissa käsitellään tämän liitteen jaksossa D2.

D.1.2.5 Aallonmuodon ominaispiirteet

Monet työpaikoilla kohdattavista sähkömagneettisista kentistä vaihtelevat jatkuvana aaltona samalla taajuudella, jolloin arviointi on melko yksinkertainen ja se voidaan toteuttaa kohtuullisen yksinkertaisilla laajakaistavälineillä. Tietyntyyppiset teollisuuslaitteet synnyttävät sen sijaan monimutkaisia aaltomuotoja, jotka koostuvat useista taajuuksista, ja tällaisissa tilanteissa signaalinäytteiden otto edellyttää edistyneiden välineiden, kun spektrianalysaattorin taikka aaltomuodon taltiointivälineiden, käyttöä.

Tämän liitteen jaksossa D3 käsitellään tarkemmin arviointeja, joihin liittyy useita taajuuksia ja monimutkaisia aaltomuotoja.

D.1.2.6 Ajallinen vaihtelu

On tärkeää määrittää, miten kentän taajuus ja/tai voimakkuus (värähdyslaajuus) vaihtelee ajan kuluessa. Joissain tilanteissa kenttä saattaa muuttua käyttöjakson aikana, ja tällöin arvioinnissa on otettava huomioon kentän voimakkuuden ja taajuuden muutokset ja yksilöitävä se hetki, jona kentän maksimi- tai huippuarvo esiintyy.

Ajalliset muutokset voivat olla tarkoituksellisia, kuten esimerkiksi siinä tapauksessa, että signaaleja moduloidaan tiedon kuljettamiseksi tietoliikennejärjestelmissä, tai ne voivat olla tahattomia, kuten esimerkiksi silloin, kun induktiolämmitysprosesseissa muodostuu harmonisia signaaleja tai kun vaihtovirran tasasuuntausta taikka virran nopeaa kytkentää käytetään tietyntyyppisiin teollisuuslaitteisiin siirrettävän tehon hallintaan. On tärkeää tunnistaa harmoniset signaalit, kun niitä ilmenee, sillä toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot vaihtelevat taajuuden mukaan. Jaksossa D3 käsitellään sitä, miten altistumisia eri taajuuksille pitäisi käsitellä altistumisen arvioinnissa.

Useisiin nykyaikaisiin mittausvälineisiin sisältyy lokitoiminto, jonka avulla kentän toimintaa voidaan mitata ennalta määrätyn näytteenottovälein jopa useita tunteja. Näytteenottonopeus valitaan sen perusteella, miten nopeasti kenttä vaihtelee. Jos näytteenottonopeus on liian alhainen kentän vaihteluun nähden, kentän huippuarvo voi jäädä huomaamatta, mikä johtaa altistumistason aliarvioimiseen. Myös mittausvälineen integraatioaikaan eli siihen aikaan, joka mittarilla kuluu signaalin käsittelyyn ja tallennukseen, on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä mikäli kenttä muuttuu nopeasti integraatioajan kuluessa, tämä voi johtaa altistumisen ali- tai yliarvioimiseen. Useimmat tämänhetkiset välineet edellyttävät ainakin yhden sekunnin integraatioaikaa, joten jos kenttä muuttuu tätä nopeammin, on suositeltavaa ottaa talteen huippusignaali tai koko aaltomuoto.

D.1.2.7 Staattiset magneettikentät

EMF-direktiivissä määritellään altistumisen raja-arvot ulkoisille magneettikentille, joiden taajuus on 0–1 Hz. Liikkuminen staattisissa magneettikentissä synnyttää kehoon indusoituneita sähkökenttiä, jotka ovat samankaltaisia kuin kentät, joita syntyy ajallisesti vaihtelevista pientaajuuskentistä. Jaksossa D4 käsitellään sitä, miten sähkömagneettisia kenttiä on arvioitava tällaisessa tilanteessa.

D.1.2.8 Varsinainen tutkimusvaihe

Mittauksiin liittyvät turvallisuuskohdat

Työympäristössä yleisesti huomioitavien turvallisuuskohdienten lisäksi olisi aiheellista huolehtia siitä, että henkilö, joka suorittaa mittaukset, ei altistu sähkömagneettisille kentille, jotka ylittävät toimenpidetasot tai altistumisen raja-arvot, eikä ole alttiina epäsuorista vaikutuksista aiheutuville riskeille. Hyvä käytäntö on aloittaa mittausten suorittaminen jonkin matkan päässä kenttien lähteestä. Näin varmistetaan, että tutkimuksen tekijä ei altistu asianomaisen toimenpidetason tai altistumisen raja-arvon ylittävälle kentille, ja suojataan mittausvälinettä vaurioilta, joita voi syntyä voimakkaan lähteen läheisyydessä kohdattavista voimakkaista kentistä.

Staattisissa magneettikentissä on erityisesti huolehdittava siitä, että vältetään riskit, jotka liittyvät sinkoutumisvaikutuksiin, ja voimakkaissa sähkökentissä on voitava välttää liialliset mikrosokit ja kosketusvirrat.

Asianmukainen riskinarviointi olisi suoritettava ennen tutkimusta, ja lisäksi toteutettava asianmukaisia suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet voivat olla luonteeltaan pääasiassa organisatorisia.

Tutkimuksen lähestymistapa

Mittausten suorituspaikkojen, ajoituksen ja keston määrittämiseen olisi kiinnitettävä erityistä huomiota. Yleensä tämä tarkoittaa sitä, että työntekijöiden kanssa käydään ensin keskustelua sen selvittämiseksi, mitä tehtäviä he suorittavat, ja työntekijöiden työskentelyä seurataan, jotta voidaan määrittää, mitkä kehon ja raajojen sijaintikohdat ovat mittausten kannalta asianmukaisia. Arvioinneissa olisi otettava huomioon kaikki tavanomaiset työtehtävät, muun muassa laitteen normaali käyttö, puhdistus, tukkeutumien selvittäminen, kunnossapito ja huolto/korjaus (jos se tehdään yrityksen sisällä).

Tavallisin tapa suorittaa tutkimus on toteuttaa pistemittauksia määrättyissä työpaikan sijaintikohdissa tai tietyissä sijaintikohdissa sähkömagneettisten kenttien lähteiden ympäristössä. Mittausten olisi katettava alueet, joita työntekijä käyttää työtehtäviä suorittaessaan, kuten edellä todettiin. On kuitenkin huomattava, että direktiivissä määritellyt toimenpidetasot ovat ilman ihmiskehoa määritettyjä arvoja, joten työntekijän ei tulisi olla alueilla läsnä, kun varsinaisia mittauksia suoritetaan (ks. jäljempänä). Kentän mahdollisen ajallisen vaihtelun huomioon ottamiseksi lokimittareita voidaan asettaa eri sijainteihin mittaamaan kenttää siksi aikaa, kun tehdään pistemittauksia.

Hyvä käytäntö on toistaa mittaukset samoissa sijaintikohdissa tietyin välein arvioinnin aikana, jotta voidaan varmistua siitä, että mittaukset ovat vakaita ja mittarit toimivat asianmukaisesti.

Sähkökenttiä on vaikeampi mitata kuin magneettikenttiä, sillä ympärillä olevat esineet, myös ihmiskehot, aiheuttavat sähkökentissä helposti häiriöitä. EMF-direktiivissä määritellyt toimenpidetasot on määritetty häiriöttömille kentille, joten olisi siis huolehdittava siitä, että työntekijöiden tai tutkimuksen tekijöiden kehot ovat etäällä mittaussondista (ja että sondi on etäällä metalliesineistä) mittausten aikana.

Mittausvälineet

Jotta arviointi olisi pätevä, on tärkeää käyttää mittauksissa asianmukaisia välineitä, ja välineiden asianmukaisuus riippuu arvioitavan sähkömagneettisen kentän luonteesta.

Huomiota olisi kiinnitettävä mittausvälineen teknisiin eritelmiin sen varmistamiseksi, että väline soveltuu tutkittavan signaalin mittaamiseen. Tietyissä tilanteissa voidaan joutua mittaamaan sekä sähkö- että magneettikenttiä. Mikäli tiedetään, että lähde toimii yli muutaman kymmenen MHz:n taajuuksilla, ja laitteen käyttäjä on kaukokentän alueella, sähkö- ja magneettikentän voimakkuus voidaan muuntaa yhden voimakkuudesta toisen voimakkuudeksi vapaan tilan impedanssin arvon ($Z_0 = 377 \text{ Ohms } (\Omega)$) perusteella. Toinen tärkeä edellytys on se, että välineet olisi kalibroitava jäljitettävissä olevien standardien mukaisesti niiden asianmukaisen toiminnan varmistamiseksi. Aloita tutkimus aina niin, että välineen mittausalue on asetettu enimmäislaajuudelle, jotta laitteen ylikuormittumisen riski on mahdollisimman pieni.

Välineet, joiden anturi on yksiakselinen, pystyvät mittaamaan ainoastaan jotakin yhtä kentän komponenttia, joten tämällyyppistä anturia käytettäessä on tärkeää, että sillä suoritetaan mittauskohdassa mittauksia kolmessa kohtisuorassa suunnassa, jotta muodostuva kenttä voidaan laskea. Edistyneissä välineissä on kolme keskenään kohtisuorassa olevaa anturia, joilla muodostuva kenttä voidaan mitata. Lisäksi on otettava huomioon sondin koko, sillä sondin on oltava kentän vaihtelualuetta pienempi. Lisätietoja sondin asianmukaisesta koosta annetaan standardissa IEC61786-1.

Monilla nykyvälineillä voidaan mitata huippuarvoja tai neliöllisiä keskiarvoja (RMS-arvoja), joita voidaan verrata suoraan EMF-direktiivissä määritettyihin raja-arvoihin. EMF-direktiivin toimenpidetasot määritellään yleensä RMS-arvoina. RMS-mittauslaitteet eivät välttämättä kuitenkaan sovellu mittaamaan pistehitsaus- tai RFID-laitteiden synnyttämiä kenttiä, sillä kenttien signaali voi olla pulssimuotoinen ja kenttien muutokset ovat liian nopeita suhteessa aikaan, jonka pohjalta väline laskee asianomaiset keskiarvot. Tilanteissa, joissa esiintyy monimutkaisia signaaleita, on suositeltavaa arvioida altistumista huippuarvon menetelmällä (ks. jakso D3).

Taulukossa D2 esitetään tiivistetysti muutamia keskeisiä tekijöitä, jotka on otettava huomioon valittaessa asianmukaisia mittausvälineitä.

Taulukko D2 Tekijöitä, jotka on otettava huomioon valittaessa asianmukaisia mittausvälineitä

Arvioitava sähkömagneettisen kentän ominaispiirre	Mittausvälineen edellytykset
Taajuus	Välineen on kyettävä reagoimaan kaikkiin arvioitavan signaalin taajuuksiin.
Värähdyslaajuus	Välineessä on oltava riittävän laaja dynaaminen mittausalue, jotta voimakkuudet, joita kentässä todennäköisesti kohdataan, voidaan mitata.
Modulaatio-ominaisuudet	Välineen on pystyttävä havainnoimaan erilaisia modulaatioskeemoja.
Temporaalinen vaihtelu / käyttöjakso	Ota huomioon välineen näytteenottonopeus ja integraatioaika sekä lokimittauksen kesto.
Spatiaalinen vaihtelu	Sondin tulee olla kentän vaihtelualuetta pienempi.
Sijainti: sisätilat/ulkotilat/molemmat välineen paino/kestävyys	Jos tutkimuksia suoritetaan ulkona ilman verkkoliitäntää, on huolehdittava siitä, että mittausvälineen akun toiminta-aika on riittävä. Soveltuuko väline ulkotutkimuksiin

Raportointiparametrit

Taulukossa D3 annetaan esimerkkejä keskeisistä parametreista, jotka olisi kirjattava työpaikan arvioinnin yhteydessä.

Jos vaiheen 2 arvioinnissa todetaan, että ulkoiset kentät eivät ylitä toimenpidetasoja, työpaikka noudattaa EMF-direktiiviä, ja arviointi voidaan päättää (kuva D1).

Jos staattisia kenttiä koskevat altistumisen raja-arvot tai toimenpidetasot saattavat ylittyä, työnantajan on toteutettava asianmukaisia ehkäiseviä tai suojaavia toimenpiteitä.

Jos matalat toimenpidetasot ylittyvät pienillä taajuuksilla, työnantajan on suoritettava arviointi myös korkeisiin toimenpidetasoihin nähden. Jos mittaustulokset eivät ylitä korkeita toimenpidetasoja, työnantaja voi joko toteuttaa suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä,

muun muassa kouluttaa työntekijöitä, tai tehdä vaiheen 3 arvioinnin osoittaakseen noudattavansa asianmukaisia aistimusraja-arvoja.

Taulukko D3 Esimerkkejä parametreista, jotka tulee kirjata tutkimuslomakkeeseen

Parametri	Huomautus
Tutkimuksen päivämäärä ja kellonaika	Viite
Yhteyshenkilö / sijaintipaikan tiedot / rakenteet	Viite
Arvioitu työpaikka	Tiedot tilassa sijaitsevista laitteista sekä tiivistelmä käyttötiedoista
Arvioitu työntekijän tehtävä tai toiminta	Rutiinotoiminta, kunnossapito tai puhdistus
Tutkittava fysikaalinen suure	Sähkökenttä, magneettikenttä tai tehotiheys
Mittausvälineiden tiedot	Laajakaista- tai kapeakaistamittari, havaittavat taajuudet, mittausalueen dynaamisuus, näytteenottonopeus, kalibroinnin päivämäärä ja epävarmuusaste.
Mittausstrategia	Huippuarvo / neliöllinen keskiarvo (RMS) Kentän x-, y-, z-akselit Piste- tai laajat mittaukset Näytteenottoaikat (tarvittaessa myös kaavio tai kartta) Näytteenottonopeus

Jos mitatut kentät ylittävät korkeat toimenpidetasot, on syytä kiinnittää huomiota kentän laajuuden ja työntekijän kehon altistuneen osan suhteeseen ja tarvittaessa verrattava kenttiä raajojen altistumisen toimenpidetasoihin. Mikäli altistuminen ei ole paikallista tai paikallinen altistuminen ylittää raajojen altistumisen toimenpidetasot, työnantajalla on kaksi vaihtoehtoa. Hän voi joko toteuttaa suojaavia ja/tai ehkäiseviä toimenpiteitä tai edetä vaiheeseen 3, jossa vaatimustenmukaisuutta arvioidaan altistumisen raja-arvoihin nähden (ks. jakso D1.3).

Jos ulkoiset kentät ylittävät suurilla taajuuksilla toimenpidetasot, työnantaja voi jälleen joko toteuttaa suojaavia ja/tai ehkäiseviä toimenpiteitä tai edetä vaiheen 3 arviointiin.

Jos kosketusvirtoihin sovellettavat toimenpidetasot ylittyvät, työnantajan on toteutettava asianmukaisia suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä.

D.1.3 Vaihe 3 – Arviointi altistumisen raja-arvojen suhteen

D.1.3.1 Johdanto

EMF-direktiivissä määritellään altistumisen raja-arvot, joiden päätarkoitus on rajoittaa sähkökenttien indusoitumista kehoon ja niiden ominaisabsorptionopeutta. Tällaisia suureita ei ole helppo mitata, ja siksi vaiheen 3 arvioinnissa käytetään yleensä edistyneempiä numeerisen mallinnuksen tekniikoita, joilla altistumisen raja-arvojen noudattaminen voidaan osoittaa. Jotain valinnanvaraa menetelmissä kuitenkin on.

Toimenpidetasoissa arvioidaan tiukoin kriteerein sitä, mikä niiden ulkoisten kenttien enimmäisvoimakkuus saa olla, joille työntekijän keho altistuu, jotta asianomaiset altistumisen raja-arvot eivät ylity. Jos mittaukset näyttävät, että toimenpidetaso voi ylittyä tietyssä altistumistilanteessa, saattaa olla välttämätöntä toteuttaa dosimetrinen arviointi altistumisen raja-arvon noudattamisen osoittamiseksi.

Numeerisilla simulaatioilla voidaan arvioida, ylittävätkö laitteen sähkömagneettiset kentät altistumisen raja-arvot. Simulaatiot ja laskennallinen dosimetria muodostavat yhteyden toimenpidetasojen (ulkoisesti mitattujen häiriöttömien sähkömagneettisten kenttien) ja altistumisen raja-arvojen (sähkömagneettisen kentän ja ihmiskehon välistä vuorovaikutusta kuvaavien mallinnettujen annossuureiden) välille. Simulaatioiden avulla sähkömagneettisten kenttien – ilman kehoja mitatut – arvot voidaan muuntaa kehon annossuureiksi.

Altistumisen raja-arvoihin lukeutuviin annossuureisiin kuuluvat indusoituneiden sähkökenttien voimakkuudet, ominaisabsorptionopeus (SAR) ja tehottiheys. Terveysvaikutukset ja annossuureet riippuvat vaikuttavan kentän taajuudesta. Direktiivissä altistumisen raja-arvot määritellään pienillä taajuuksilla indusoituneiden sähkökenttien voimakkuuksina ja suurilla taajuuksilla SAR-arvoina ja tehottiheyksinä (taulukko D4).

Taulukko D4 Potentiaaliset biologiset haittavaikutukset, altistumisen raja-arvojen ja toimenpidearvojen suuret

Taajuus	Potentiaalinen biologinen haittavaikutus	Altistumisen raja-arvon annossuure (numeerisesti simuloitu)	Toimenpidetason altistumissuure (tavallisesti mitattu)
1 Hz–10 MHz	Vaikutuksia keskus- ja ääreishermostoon	Indusoituneet sähkökentät stimuloituissa kudoksissa, yksikkö V/m	Sähkökentän voimakkuus, magneettivuon tiheys, indusoituneet ja kosketusvirrat
100 kHz–6 GHz	Kudosten lämpeneminen	SAR-arvo, yksikkö W/kg SA-arvo, yksikkö J/kg	(Sähkökentän voimakkuus) ² , (magneettivuon tiheys) ² , indusoituneet ja kosketusvirrat
6–300 GHz	Pinnallinen lämpeneminen	Tehottiheys, yksikkö W/m ²	(Sähkökentän voimakkuus) ² , (magneettivuon tiheys) ² ja tehottiheys

D.1.3.2 Sähkömagneettisen kentän vuorovaikutukset ihmiskehon kanssa

Pientaajuuskentät

Pienillä taajuuksilla sähkö- ja magneettikenttien voidaan katsoa olevan toisiinsa kytkeytymättömiä (kvasistaattinen approksimaatio), ja näin ollen niitä voidaan käsitellä erikseen.

Ulkoinen sähkökenttä

Ihmiskeho saa pientaajuudessa sähkökentässä aikaan merkittäviä häiriöitä. Useimmissa altistumistilanteissa ulkoinen sähkökenttä on suuntautunut vertikaalisesti maahan nähden. Ihmiskeho johtaa pienillä taajuuksilla hyvin sähköä, ja kehoon indusoituvat sisäiset sähkökentät ovat monta kertaa ulkoista kenttää heikompia.

Varaukset, jotka indusoituvat kehon pintaan altistuttaessa ulkoiselle sähkökentälle, jakautuvat epätasaisesti. Tämän seurauksena kehoon indusoituneiden sisäisten virtojen suuntaus on pääasiassa vertikaalinen. Toinen kehoon indusoituneiden sähkökenttien voimakkuuteen ja spatiaaliseen jakautumiseen suuresti vaikuttava tekijä on ihmisen ja maan välinen kosketus. Voimakkaita sisäisiä sähkökenttiä indusoituu silloin, kun keho on täydellisessä kosketuksessa maahan molemmin jaloin. Mitä paremmin keho on eristetty maasta, sitä heikompia kudoksiin indusoituneet sähkökentät ovat. Tästä syystä eristävät työkengät voivat tietyissä tilanteissa antaa jonkinasteista suojaa pientaajuuskenttien vaikutuksilta.

Ulkoinen magneettikenttä

Toisin kuin sähkökentässä, ihmiskeho ei aiheuta häiriöitä magneettikentässä. Ihmiskehossa oleva magneettikenttä on samanlainen kuin ulkoinen magneettikenttä. Tämä johtuu siitä,

että kudosten ja ilman magneettinen läpäisevyys on samanlainen. Kudoksessa voi esiintyä magneettisia aineita (esimerkiksi magnetiittia), joskin niin pieninä määrinä, ettei sillä ole käytännön merkitystä.

Ulkoisen magneettikentän ja kehon välisen vuorovaikutuksen keskeinen muoto on Faradayn induktiolakiin liittyvä virta, joka kulkee johtavassa ihmiskudoksessa. Heterogeenisissa kudoksissa, jotka koostuvat alueista, joiden sähkönjohtavuus vaihtelee, virtoja kulkee myös näiden alueiden yhtymäkohdissa.

Suurtaajuuskentät

Suurilla taajuuksilla ihmiskeho on kuin epätäydellisesti toimiva sähköä johtava antenni. Kehon kudoksiin indusoituu sähkökenttiä ja -virtoja. Jos ihminen seisoo maassa, indusoituvat virrat kulkevat kehon läpi vertikaalisessa suunnassa ja johtuvat jalkojen kautta maahan. Indusoituneet sähkökentät ja -virrat aiheuttavat lämpövaikutuksia ihmiskudoksissa sekä paikallisesti että kautta koko kehon. Indusoituneiden sähkökenttien voimakkuus ja spatiaalinen jakautuminen riippuvat suuresti altistumistilanteesta ja taajuudesta.

Keholla on luonnollinen resonanssitaajuus, joka riippuu ihmisen pituudesta. Radiotaajuiset sähkömagneettiset kentät absorboituvat tehokkaasti asianomaisen resonanssitaajuuden lähitaajuuksilla. Kun taajuudet ovat suunnilleen alle 1 MHz:n suuruisia, ihmiskeho absorboi radiotaajuusenergiaa hyvin vähän. Absorptio on huomattavan suurta resonanssitaajuudella 60–80 MHz silloin, kun keho on eristetty, ja resonanssitaajuudella 30–40 MHz silloin, kun keho on maadoitettu. Tämän lisäksi tietyt kehon osat voivat resonoida. Aikuisen pää resonoi noin 400 MHz:n taajuudella. Jos ihminen istuu, kehon ylä- ja alaosalla voi olla oma resonanssitaajuus. Näin ollen taajuus, jolla radiotaajuusenergiaa absorboituu eniten, riippuu kehon koosta ja asennosta. Yleensä radiotaajuinen lämpeneminen vähenee sen jälkeen, kun taajuus on ylittänyt resonanssialueen. Suurilla taajuuksilla lämpeneminen keskittyy kuitenkin enemmän kehon pintaan, sillä kentän tunkeutumissyvyys pienenee.

D.1.3.3 *Altistumisen raja-arvot*

Altistumisen raja-arvot kuvaavat kehon sisäisiä annossuureita, ja niiden on tarkoitus antaa suojaa haitallisilta terveysvaikutuksilta, joita aiheutuu, kun ihminen altistuu sähkömagneettisille kentille. Sovellettavat altistumisen raja-arvot riippuvat tutkittavan kentän taajuudesta.

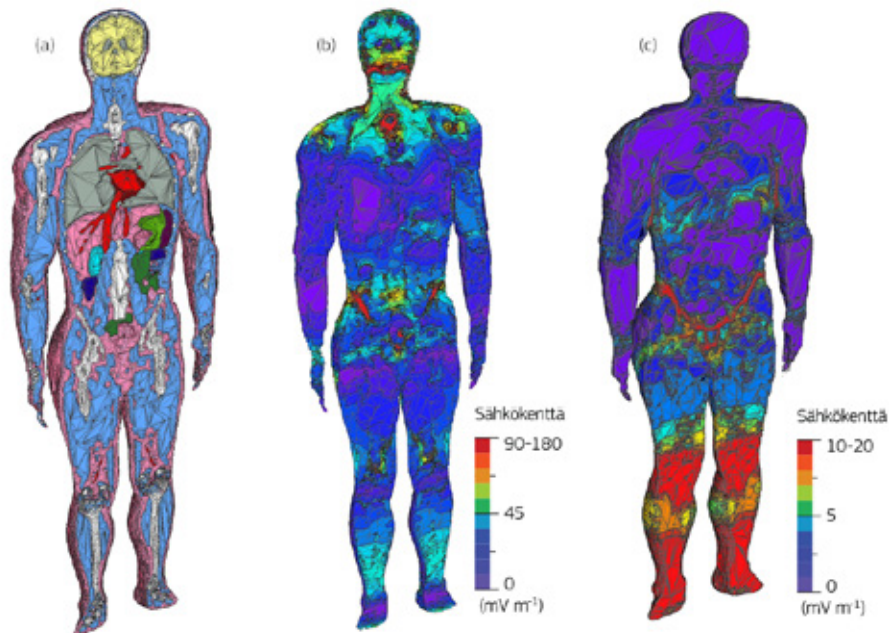
Pieni taajuus

Pienillä taajuuksilla (1 Hz–10 MHz) ensisijainen dosimetrinen suure on ihmiskehoon indusoituva sisäinen sähkökenttä. Tämä johtuu siitä, että ihmisen hermokudosten stimulaatiota koskevat kynnyсарvot määritellään näiden sisäisten sähkökenttien voimakkuuden ja spatiaalisen vaihtelun mukaan. Indusoituneen sähkökentän yksikkö on voltteja per metri (Vm^{-1}).

Altistuttaessa pientaajuisille sähkökentille kehoon syntyy sisäisiä sähkökenttiä, jotka saavat vaikuttavassa kentässä aikaan huomattavia häiriöitä. Ulkoisesta sähkökentästä indusoituu kehon pintaan epätasaisia varauksia, ja kehoon syntyy sisäisiä sähkökenttiä, jotka voivat muodostaa kehoon virtoja.

Altistuttaessa pientaajuisille magneettikentille magneettikenttä synnyttää sisäisiä sähkökenttiä, jolloin kehoon indusoituu sähkökenttä ja siihen liittyviä virtoja. Kenttiä syntyy lisäksi virroista, jotka kulkevat kehon sellaisten alueiden välissä, joilla kudosten sähkönjohtavuus on erilainen. Kuvassa D3 näytetään, miten indusoituvat sähkökentät absorboituvat kehoon, kun henkilö altistuu ulkoisille pientaajuisille sähkö- ja magneettikentille.

Kuva D3 Altistuminen pienellä taajuudella: Ihmiskehoa kuvaavia leikkauksuvia, joista kuva (a) esittää kehon sisäelimiä, kuva (b) esittää sisäisiä sähkökenttiä, jotka syntyvät altistumisesta ulkoiselle pientaajuiselle magneettikentälle, ja kuva (c) esittää sisäisiä sähkökenttiä, jotka syntyvät altistumisesta ulkoiselle pientaajuiselle sähkökentälle.

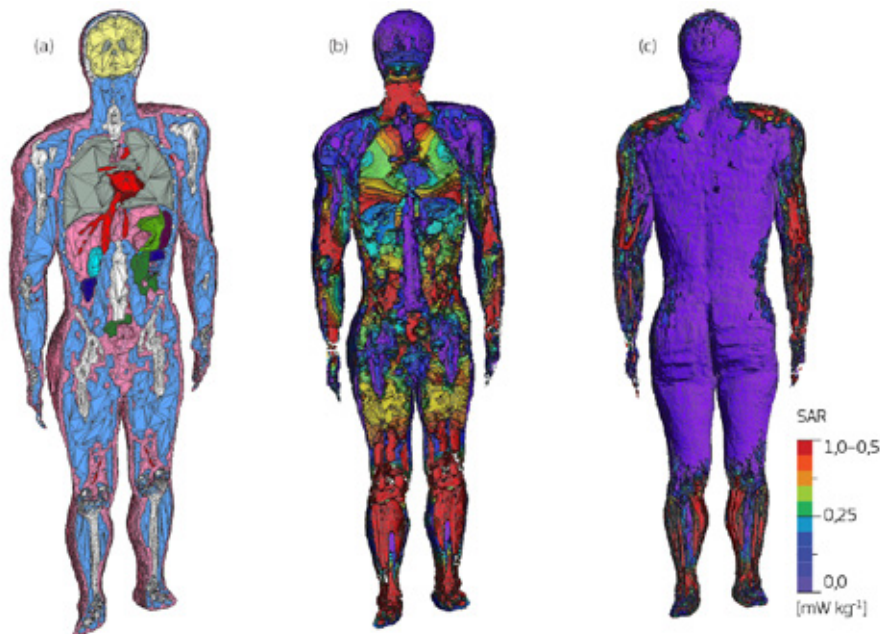


Suuri taajuus

Suurilla taajuuksilla (100 kHz–300 GHz) sähkömagneettisen kentän absorptiota kuvaava ensisijainen dosimetrinen suure on ominaisabsorptionopeus (SAR). Tämä johtuu siitä, että tärkeimmät biologiset haittavaikutukset, jotka aiheutuvat siitä, että henkilö altistuu sähkömagneettisille kentille näillä taajuuksilla, perustuvat siihen, että kudosten lämpötila nousee.

SAR-arvo voidaan määritellä tehoksi, joka absorboituu massayksikköä kohti. Sen yksikkö on wattia per kilogramma (Wkg⁻¹). SAR-arvoa käytetään EMF-direktiivissä annossuureena siksi, että se korreloi läheisesti ihmiskudoksen lämmön nousun kanssa. Kuvassa D4 näytetään, miten SAR jakautuu ihmiskehossa, kun henkilö altistuu suurtaajuiselle sähkömagneettiselle kentälle.

Kuva D4 Altistuminen suurella taajuudella: Ihmiskehoa kuvaavia leikkauskuvia, joista kuva (a) esittää kehon sisäelimiä, kuva (b) esittää kudosten ominaisabsorptionopeutta silloin, kun henkilö altistuu 40 MHz:n sähkömagneettiselle kentälle, ja kuva (c) esittää ominaisabsorptionopeutta, kun henkilö altistuu 2 GHz:n sähkömagneettiselle kentälle.



Altistumisen raja-arvojen määrittelyssä käytettyjä sisäisiä annossuureita (sähkökenttiä ja SAR-arvoa) ei voida arvioida tarkasti mittaamalla, sillä ihmiskehon sisäisten kenttien voimakkuuksia ei pystytä mittaamaan ihmiskehoon kajoamatta. Altistumisen raja-arvoja kuvaavia annossuureita on mitattu eläimiltä, mutta nämä tiedot ovat kuitenkin vähäisiä ja mittausten tarkkuus on melko heikko. Lisäksi eläimillä tehtyjen tutkimusten tuloksia ei voida sellaisenaan soveltaa ihmisiin, sillä lajeilla on monia fysiologisia eroja. Numeeriset simulaatiot ihmisen sähkömagneettisesta absorptiosta – joiden avulla voidaan osoittaa EMF-direktiivin altistumisen raja-arvojen noudattaminen – antavat mahdollisuuden tutkia sisäisiä annossuureita suoraan.

D.1.3.4 Altistumisen raja-arvojen noudattamisen arviointi

Altistumisen raja-arvoihin verrattavien kehon annossuureiden laskemiseen tarvitaan kuva ihmiskehosta, numeerinen menetelmä, joka voi mallintaa sähkömagneettisen kentän vuorovaikutusta biologisten kudosten kanssa, ja kuva sähkömagneettisen kentän lähteestä.

Ihmismalli

Ihmiskehoa voidaan luonnehtia vastaanottavaksi antenniksi silloin, kun se altistuu sähkömagneettisille kentille. Näin ollen kehon anatomiset, geometriset ja sähköiset ominaisuudet ovat äärimmäisen tärkeitä arvioitaessa altistumisen raja-arvojen noudattamista.

Aikaisemmin ihmiskeho on korvattu yksinkertaisilla homogeenisilla rakenteilla, kuten palloilla, litistyneillä palloilla, sylintereillä, kiekkoilla ja kuutioilla, kun sisäisiä annossuureita on haluttu arvioida. Näihin homogeenisiin muotoihin sovelletaan yhtä yksittäistä sähkönjohtavuuden ja permittiivisyyden arvoa, joka edustaa koko kehon keskimääräistä arvoa. Yleensä tällainen arvo ei ole taajuusriippuvainen. Tällaisten yksinkertaisten rakenteiden käytöllä helpotetaan sähkömagneettisille kentille altistumisen numeerista simulointia. Tällaisten menetelmien tuottamat tulokset ovat kuitenkin epätarkkoja ja yliarvioivat merkittävästi tosiasiallista altistusta.

Kuva D5 Ihmismalli: Esimerkki heterogeenisestä ja anatomisesti realistisesta miesmallista. Mallissa näkyy luuranko ja sisäelimet (vasemmalla), lihakset (keskellä) ja iho (oikealla).



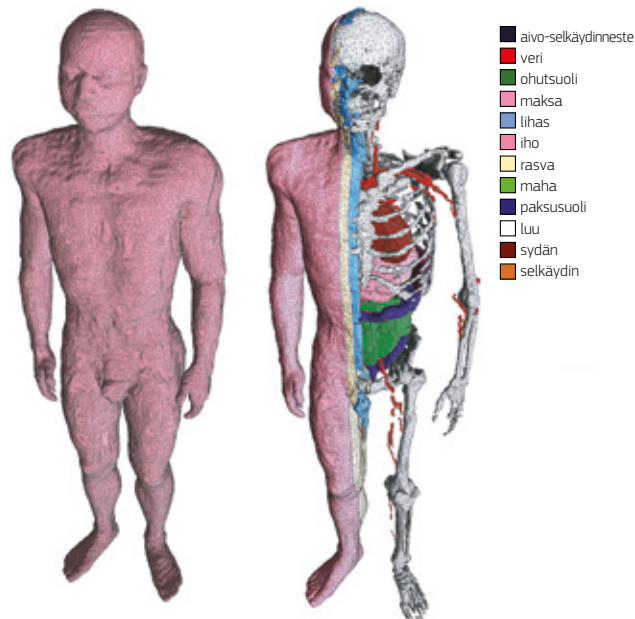
On suositeltavaa, että sähkömagneettisille kentille altistumisen arviointiin käytetään heterogeenista ja anatomisesti realistista ihmiskehon mallia. Monet organisaatiot ovat jo tähän mennessä kehittäneet erilaisia heterogeenisia ihmiskehon malleja (miehestä, naisesta, raskaana olevasta naisesta, henkilöistä erilaisissa asennoissa ja niin edelleen). Mallit ovat anatomialtaan realistisia ja sisältävät useita eri kudoksia. Koska tällaisen mallin luominen edellyttää investointeja, mallien käytöstä aiheutuu tavallisesti kustannuksia. Saatavilla olevissa malleissa on lisäksi väistämättä eroja, joten ne luultavasti tuottavat hiukan erilaisia tuloksia.

Anatomisesti realististen mallien kehitystyössä kehon magneettiresonanssikuvista saadut tiedot segmentoidaan yleensä tietokoneella eri kudostyyppisiin. Mallien anatomian realistisuuteen kiinnitetään erityistä huomiota. Kuvissa D5 ja D6 annetaan esimerkkejä heterogeenisestä aikuisen miehen mallista. Tällaiset mallit sisältävät yleensä yli 30 eri kudosta ja elintä. Malli voi olla vokselimalli (vokseli on pikselin kolmiulotteinen vastine) tai pintamalli.

Kun ihmiskehon mallia käytetään numeerista menetelmää, kuten äärellisten erotusten aika-akselimenetelmää, hyödyntävissä simulaatioissa, sitä kuvataan tyypillisesti kuutiosoluina (vokseleina), joiden läpimitta on 1–2 mm. Vokseleille määritetään sähkönjohtavuutta ja permittiivisyyttä kuvaava arvo eri elimistä ja kudoksista mitattujen arvojen perusteella.

Jotta ihmismalleista voidaan laskea annossuureita, on määriteltävä dielektriset ominaisuudet kudoksille, joista nämä mallit muodostuvat. Jos oletetaan, että eri kudokset ovat valtaosin homogeenisia, sähköiset ominaisuudet voidaan kuvata kahdella parametrilla, nimittäin sähkönjohtavuudella (σ) ja permittiivisyydellä (ϵ). Nämä ominaisuudet vaihtelevat biologisissa kudoksissa taajuuden mukaan. Yleensä kudoksen sähkönjohtavuus kasvaa ja permittiivisyys laskee silloin, kun taajuus suurenee.

Kuva D6 Ihmismalli: heterogeenisen ihmismallin leikkauskuva, jossa näkyy valikoituja kudostyyppiejä



Eri kudosten dielektriset ominaisuudet vaihtelevat suuresti (ks. <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>). Kudokset, joissa veden osuus on suuri (esimerkiksi ruumiinnesteet), eivät näytä olevan juuri ollenkaan taajuuksiin riippuvaisia alle 100 kHz:n taajuuksilla. Ihmiskudoksessa olevan veden tai nesteen osuus vaikuttaa merkittävästi kudoksen dielektrisiin ominaisuuksiin ja siihen, miten nämä ominaisuudet muuttuvat taajuuden muuttuessa. Tästä syystä kudokset, jotka näyttävät käyttäytyvän samalla tavoin altistuessaan sähkömagneettisille kentille, voidaan ryhmitellä niiden vesisisällön mukaan. Esimerkiksi veressä ja aivo-selkäydinnesteessä on suuri vesisisältö, ja ne voivat johtaa sähkövirtoja verrattain hyvin. Keuhkot, iho ja rasva ovat melko huonoja johtimia, kun taas maksa, perna ja lihakset ovat sähköjohtavuudeltaan keskitasoa.

Numeeriset menetelmät

Sähkömagneettisen kentän absorboitumista heterogeenisissa ja anatomisesti realistisissa ihmismalleissa on arvioitu erilaisilla numeerisilla menetelmillä. Tehtävään soveltuvien numeeristen menetelmien määrä on rajallinen, sillä ihmiskehon sähköiset ominaisuudet ovat hyvin heterogeenisia ja ulkoisten ja sisäisten elimien muodot ovat niin ikään monimutkaisia.

Terävympiä sähkömagneettisia kenttiä koskevassa dosimetriassa on sovellettu onnistuneesti muiden muassa äärellisten erotusten menetelmää (FD) taajuusakselilla ja aika-akselilla (FDTD), äärellisten elementtien menetelmää (FEM) ja äärellisten integraalien tekniikkaa (FIT).

Nämä menetelmät tarjoavat Maxwellin aaltoyhtälöille suoran ratkaisun. Näissä menetelmissä laskennallinen alue on yleensä tapana jakaa 3D-ristikoksi, joka koostuu soluista tai pinnoista, joille annetaan diskreettejä sähköisiä ominaisuuksia. Äärellisten erotusten menetelmissä laskennallinen koodi toistuu ajassa ja paikassa, ja sillä arvioidaan kentän arvoja kussakin solussa siihen saakka, kunnes kerätyt tiedot konvergoituvat ratkaisun muotoon.

Kaikissa menetelmissä on hyviä ja huonoja puolia. Kaikkia menetelmiä ja joitain tietokonekoodeja on tarkistettu erittäin seikkaperäisesti vertaamalla niitä analyttisiin ratkaisuihin ja kokeellisiin tuloksiin sen varmistamiseksi, että näiden menetelmien antamat tulokset ovat edustavia useissa sähkömagneettisen altistumisen tilanteissa.

D.1.3.5 Keskiarvon laskenta: induoituneen sähkökentän 99. persentiili, WBSAR ja paikallinen SAR

Induosituneen sähkökentän 99. persentiili

Kun rajoitetaan työntekijään induoituvien in situ -sähkökenttien haittavaikutuksia, on tärkeää määritellä alue, jonka perusteella in situ -sähkökentän keskimääräinen arvo lasketaan. Käytännön kompromissina, jolla voidaan täyttää ehyttä biologista perustaa koskevat vaatimukset ja laskennalliset rajoitukset, on suositeltavaa, että in situ -sähkökenttä määritettäisiin sähkökentän keskimääräisenä vektorina pienessä yhtenäisessä kudostilavuudessa, jonka mitat ovat $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$.

Numeerisissa menetelmissä, joilla lasketaan kehoon induoituneita sähkökenttiä, käytetään usein ihmismallia, joka on diskretisoitu soluihin tai vokseleihin. Jos kuitenkin käytetään menetelmää, joka ei perustu tällaisiin soluihin, on keskiarvon laskentaa varten laadittava asianmukainen algoritmi, joka laskee sähkökentän arvon tilavuutta $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ kohti numeerisessa koodissa. Tietyissä kudoksessa sähkökentän 99. persentiilin arvo on se luku, jota tulee verrata altistumisen raja-arvoon (ICNIRP 2010).

Koko kehon keskimääräinen SAR (WBSAR)

Koko kehon keskimääräiseen SAR-arvoon perustuvalla altistumisen raja-arvolla pyritään suojelemaan työntekijöitä koko kehon lämpenemisvaikutuksilta. Koko kehon SAR-arvo lasketaan siten, että ihmismallin kaikkien vokselien absorptiopeudet lasketaan yhteen ja jaetaan kehon massalla.

Paikallinen SAR

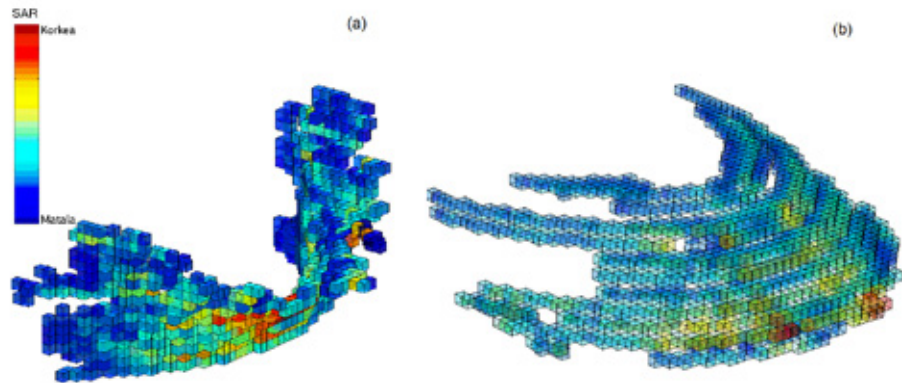
EMF-direktiivissä määritellään paikalliseen SAR-arvoon perustuvat altistumisen raja-arvot työntekijöiden suojelemiseksi kehon paikalliselta lämpenemiseltä, joka pääasiassa aiheutuu altistumisesta lähikentässä sijaitseville sähkömagneettisen säteilyn lähteille.

EMF-direktiivissä todetaan, että laskettaessa paikallista SAR-arvoa taajuusalueen 100 kHz–6 GHz sähkömagneettisille kentille keskimääräinen SAR olisi laskettava 10 gramman yhtenäistä (eli yhteenkuuluvaa) kudossmassaa kohti. Kehon paikallisen SAR:n maksimiarvoa olisi käytettävä altistumisen arviointiin.

Menetelmä paikallisen SAR-arvon laskemiseksi 10 gramman yhtenäistä aluetta kohti on seuraavanlainen. Ihmismallin horisontaalisesta leikkauksesta valitaan se solu, jonka SAR-arvo on kaikista suurin. Tämän jälkeen kartoitetaan tämän solun kuusi naapurisolua, jotka ovat kosketuksissa alkuperäiseen soluun, sen solun löytämiseksi, jonka absorptiopeus on suurin. Tämän vaiheen päätyttyä tehot ja massat lasketaan yhteen. Solun pintaa koskettavia naapurisoluja kartoitetaan siksi, että saadaan muodostettua yhteenkuuluva solualue, jonka massa on 10 grammaa, ja SAR-arvo lasketaan tämän yhteenkuuluvan alueen pohjalta. Menetelmässä käytetään suunnilleen tuhatta solua (kudostyyppiin tiheyden mukaan), kun vokseliresoluutio on 2 mm, sillä kunkin solun tilavuus on $0,008 \text{ cm}^3$. Menetelmä toistetaan kussakin horisontaalisessa leikkauksessa, ja lopulta valitaan koko ihmismallin kaikkien yhteenkuuluvien alueiden joukosta SAR:n maksimiarvo.

Kuvassa D7 annetaan esimerkkejä paikallisen SAR:n keskimääräisestä arvosta 10 gramman yhtenäistä aluetta kohti. Kuvassa esitetään 10 gramman yhtenäiset alueet, joille on ihmismallin perusteella laskettu SAR:n huippuarvot henkilön altistuessa 100 MHz:n ja 3,4 GHz:n sähkömagneettiselle kentälle, jonka aalto on vakiotaajuinen.

Kuva D7 Yhtenäiset alueet: Keskimääräinen SAR-arvo ihmismallin 10 gramman yhtenäistä (yhteenkuuluvaa) aluetta kohti altistuttaessa (a) 100 MHz:n ja (b) 3,4 GHz:n sähkömagneettiselle kentälle. Värikartan värit vaihtelevat tummansinisestä (matala SAR) tummanpunaiseen (korkea SAR).



D.2 Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen epätasaisesti jakautuneessa altistumisessa

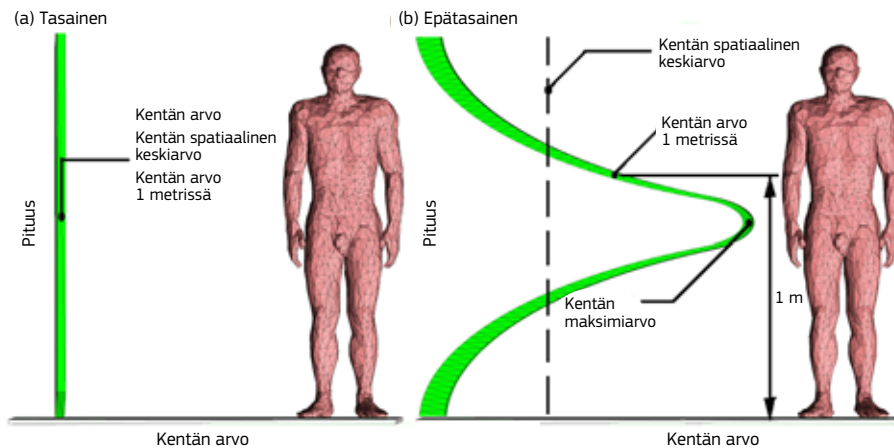
D.2.1 Johdanto

Altistumisia sähkömagneettisille kentille voidaan kuvata tasaisiksi tai epätasaisiksi. Tasainen sähkömagneettinen kenttä määritellään suurilla taajuuksilla aaltona, joka on levinnyt siinä määrin, että sillä näyttää olevan sama värähtelylaajuus joka puolella sitä tasoa, joka on kohtisuorassa sen kulkusuuntaa vasten. Tasainen kenttä on ideaali, jonka avulla aalto voidaan selittää yhtenä kokonaisena aaltona, joka kulkee yhteen suuntaan. Pienillä taajuuksilla tasainen kenttä on kenttä, joka on samanlainen määrätyn tilan joka puolella, esimerkiksi sähkökenttä, joka on kahden päättymättömän yhdensuuntaisen levyn välissä.

Kentän arvon määrittäminen toimenpidetasojen noudattamisen arvioimiseksi on turhaa tasaisessa sähkömagneettisessa kentässä, sillä arvo on sama viivalla, joka on kohtisuorassa aallon kulkusuuntaa vasten (kuva D8). Mikäli kenttä on tällä tavalla tasainen tai melko tasainen (20 prosentin sisällä), kentän mittaamisen yhdessä työntekijän käyttämän tilan sijaintikohdassa pitäisi riittää.

Sähkömagneettista säteilyä synnyttävät laitteet voivat saada aikaan kehon pituudella epätasaisesti jakautuneita altistumisympäristöjä, jos laitteet on sijoitettu henkilön lähelle tai ympäristöön, jossa syntyvä kenttä vaihtelee maaheijastusten / lähellä olevista esineistä aiheutuvan sironnan seurauksena.

Kuva D8 Esimerkkejä tasaisesta ja epätasaisesta altistumisesta: Kentän vaihtelu suhteessa etäisyyteen maasta (a) tasaisessa kentässä ja (b) tyypillisessä dipolikentässä. Kuvaan on merkitty kentän spatiaalinen keskiarvo, kentän maksimiarvo ja kentän arvo 1 metrin etäisyydellä maasta.



Yhden yksittäisen kentän arvon määrittäminen toimenpidetasoihin vertaamista varten ei ole merkityksetöntä silloin, jos kenttä vaihtelee huomattavasti työntekijän käyttämällä alueella. Tällaisessa altistumistilanteessa voidaan käyttää kentän maksimiarvoa työntekijän kehon sijaintikohdassa, mutta tämä johtaa konservatiiviseen arvioon. Eräät organisaatiot ovat ehdottaneet käytettäväksi yhtä yksittäistä kentän arvoa, joka mitataan 1 metrin korkeudella; myös tämä arvo on kuitenkin usein epäedustava.

Tällaisissa epätasaisen altistumisen tilanteissa on määriteltävä asianmukainen menetelmä kentän yhden yksittäisen arvon määrittämiseen. Direktiivissä todetaan, että näissä tapauksissa voidaan laskea kentän spatiaalinen keskiarvo ja käyttää sitä. Spatiaaliseen keskiarvoon perustuvia mittauksia tai laskelmia suositellaan, sillä ne antavat edustavan kuvan altistumisesta tilanteissa, joissa kenttä vaihtelee pitkin ihmiskehon pituutta.

D.2.2 Epätasaisesti jakautuneeseen altistumiseen liittyviä seikkoja

Direktiivissä toimenpidetasot määritellään yhtenä arvona tiettyä taajuutta kohti. Nämä toimenpidetasot voimakkuuksineen on määriteltävä asianomaisten altistumisen raja-arvojen noudattamisen varmistamiseksi taikka sen määrittämiseksi, mitä 5 artiklassa mainittuja ehkäiseviä tai suojaavia toimenpiteitä on toteutettava.

Jos kenttä ei kuitenkaan ole tasainen työntekijän käyttämällä alueella (kuten kuvassa D8 (b)), sähkökentän voimakkuus tai magneettivuon tiheys vaihtelee sen mukaan, missä sijaintikohdassa kenttää arvioidaan. Aiheellinen kysymys onkin siis se, mikä on se kentän yksi yksittäinen arvo, jota tulisi verrata toimenpidetasoihin.

Direktiivissä suositellaan, että näissä altistumistilanteissa määritetään kentän maksimiarvo asianomaista tilavuutta kohti tai lasketaan spatiaalinen keskiarvo. Tapauksissa, joissa kehon lähellä on erittäin paikallinen lähde, altistumisen raja-arvojen noudattamista tulisi arvioida dosimetrisesti.

Direktiivin liitteen II huomautuksissa B1-3 ja B2-3 todetaan muista kuin lämpövaikutuksista seuraavaa:

”Toimenpidetasot ovat laskettuja tai mitattuja maksimiarvoja työntekijän kehon kohdalla. Näin päästään konservatiiviseen altistumisen arviointiin ja noudatetaan automaattisesti altistumisen raja-arvoja kaikissa epätasaisesti jakaantuneen kentän altistumisoloissa. Jotta yksinkertaistettaisiin 4 artiklan mukaisesti suoritettua arviointia altistumisen raja-arvojen noudattamisesta erityisissä epätasaisesti jakaantuneen kentän oloissa, 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa selitetään kriteerit mitattujen kenttien spatiaalisen

keskiarvon laskennalle vakiintuneen dosimetrian mukaisesti. Kun lähde on hyvin paikallinen ja vain muutaman senttimetrin päässä kehosta, indusoitunut sähkökenttä määritellään dosimetrisesti tapauskohtaisesti.”

Direktiivin liitteen III huomautuksessa B1-3 todetaan lämpövaikutuksista seuraavaa:

”Toimenpidetaso (E) ja toimenpidetaso (B) koskevat laskettuja tai mitattuja sähkö- tai magneettikentän enimmäisarvoja työntekijän kehon kohdalla. Näin päästään konservatiiviseen altistumisen arviointiin ja noudatetaan automaattisesti altistumisen raja-arvoja kaikissa epätasaisesti jakaantuneen kentän altistumisoloissa. Jotta yksinkertaistettaisiin 4 artiklan mukaisesti suoritettua arviointia altistumisen raja-arvojen noudattamisesta erityisissä epätasaisesti jakaantuneen kentän oloissa, 14 artiklan mukaisissa käytännön oppaissa selitetään kriteerit mitattujen kenttien spatiaalisen keskiarvon laskennalle vakiintuneen dosimetrian mukaisesti. Kun lähde on hyvin paikallinen ja vain muutaman senttimetrin päässä kehosta, altistumisen raja-arvojen noudattaminen määritellään dosimetrisesti tapauskohtaisesti.”

D.2.2.1 Kentänmaksimiarvo

Tämä on yksinkertainen tapa arvioida direktiivissä esitettyjen raja-arvojen noudattamista; se on kuitenkin myös menetelmä, joka antaa työntekijän kentälle altistumisesta konservatiivisimman arvon. Spatiaalista keskiarvoa ei lasketa. Häiriöttömän kentän (eli kentän, jossa työntekijä ei ole läsnä) mittausta tai laskenta suoritetaan työntekijän käyttämän alueen tietyssä pisteessä, jossa kentän arvo on suurin. Kenttä arvioidaan ilman, että työntekijä on läsnä, sillä tietyissä altistumistilanteissa työntekijän läsnäolo voi vääristää kentän arvoa. On kuitenkin syytä huomata, että pienillä taajuuksilla työntekijän läsnäolo vaikuttaa yksinomaan sähkökenttiin. Ihmiset eivät ole magneettisia, eivätkä indusoituneet virrat ole niin voimakkaita, että ne kykenisivät vaikuttamaan kenttään.

ICNIRP (2010) toteaa ulkoisten sähkö- ja magneettikenttien spatiaalisen keskiarvon laskentaa käsittelevässä osiossaan seuraavaa:

”Viitearvot on määritetty altistumistilanteisiin, joissa sähkö- tai magneettikentän vaihtelu kehon käyttämässä tilassa on melko pientä. Kuitenkin useimmiten etäisyys kentän lähteeseen on niin pieni, että kentän jakautuminen on epätasaista tai kohdistuu paikallisesti kehon pieneen osaan. Tällaisissa tapauksissa kentän maksimivoimakkuuden mittaaminen kehon sijainnissa johtaa aina turvalliseen, joskin myös hyvin konservatiiviseen, arvioon altistumisesta.

D.2.2.2 Spatiaalisen keskiarvon laskenta

Kentän spatiaalisen keskiarvon laskeminen epätasaisen altistumisen tapauksessa voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Seuraavassa mainitaan kolme yleisesti käytettyä menetelmää (menetelmät on lueteltu monimutkaisuusasteen mukaan, ensimmäinen on monimutkaisin). Kentän keskiarvo lasketaan joko

- työntekijän tai työntekijän kehon osan viemää tilavuutta kohti,
- työntekijän tai työntekijän kehon osan viemää poikkipinta-alaa kohti tai
- viivalta työntekijän tai työntekijän kehon osan viemällä alueella.

Tarkkoja tietoja näistä menetelmistä on saatavilla eri kansainvälisistä standardeista ja ohjeista. Näitä ovat esimerkiksi IEEE C95.3 (2002), CENELEC EN 50357 (2001), IEC 62226 (2001), IEC 62233 (2005) ja IEC 62110 (2009). Mitä monimutkaisempaa keskiarvon laskentamenetelmää käytetään, sitä parempi on epätasaisesta kentästä saatava approksimaatio. Kuitenkin tiedetään, että kentän arvojen määrittäminen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi projisoitua tilavuutta tai pinta-alaa kohti voi osoittautua hankalaksi, koska nämä menetelmät edellyttävät useita näytteenotto pisteitä. Viivan käyttöön perustuvat keskiarvon laskentamenetelmät voivat antaa kohtuullisen kuvan epätasaisesta sähkömagneettisesta kentästä, ja siksi niitä suositellaan käytettäväksi seuraavissa jaksoissa.

(a) Altistuminen sähkö- ja magneettikentille, joiden taajuus on 1 Hz–10 MHz

Sähkökentän voimakkuuden spatiaalinen keskiarvo (E_{avg}) tai magneettivuon tiheyden spatiaalinen keskiarvo (B_{avg}) olisi laskettava seuraavilla kaavoilla:

$$E_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad \text{(Yhtälö 1)}$$

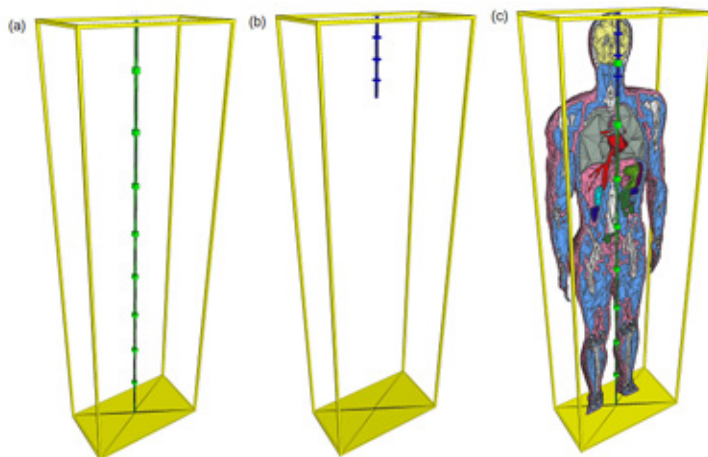
$$B_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i \quad \text{(Yhtälö 2)}$$

joissa n on sijaintien lukumäärä ja E_i ja B_i tarkoittavat sähkökentän voimakkuutta ja magneettivuon tiheyttä mitattuina i :nnessä sijainnissa.

Kentän keskiarvon laskentaan käytettävän viivan sijainti riippuu siitä, verrataanko saatavaa spatiaalista keskiarvoa matalaan, korkeaan vai raajojen altistumisen toimenpidetasoon. Korkeiden toimenpidetasojen tarkoituksena on suojata työntekijöitä ääreishermosten stimulaatiolta pään ja vartalon alueella. Jos arvoa E_{avg} tai B_{avg} on siis tarkoitus verrata korkeaan toimenpidetasoon, yleensä riittää, että kentät yksinkertaisesti skannataan lineaarisesti pään ja vartalon tasolta projisoidun pinta-alan keskikohtaan kautta. Matalien toimenpidetasojen tarkoituksena on suojata työntekijöitä aistinelimiin kohdistuvilta vaikutuksilta pään alueen keskushermostossa. Jos arvoa E_{avg} tai B_{avg} on siis tarkoitus verrata matalaan toimenpidetasoon, yleensä riittää, että kentät yksinkertaisesti skannataan lineaarisesti pään tasolta projisoidun pinta-alan keskikohtaan kautta. Raajojen altistumisen toimenpidetasojen tarkoituksena on suojata työntekijöitä raajojen hermoston stimulaatiolta. Mikäli arvoa B_{avg} on siis tarkoitus verrata raajojen altistumisen toimenpidetasoon, yleensä riittää, että kentät yksinkertaisesti skannataan lineaarisesti raajan tasolta projisoidun pinta-alan keskikohtaan kautta.

Suosituksen mukaan riittää, että tämä keskiarvo lasketaan vähintään kolmen – tasaisin välein suoritettuna – mittauksen sarjasta silloin, kun spatiaalista keskiarvoa lasketaan pään alueelle, pään ja vartalon alueelle tai raajojen alueelle. Kentän lisämittaukset, kuten esimerkiksi datalokilaitteiden tai spatiaalisen keskiarvon laskentalaitteiden avulla saadut tiedot, ovat hyväksyttäviä ja antavat tarkempia tietoja kentän spatiaalisesta jakautumisesta.

Kuva D9 (a) kentän spatiaalinen keskiarvo lasketaan vertikaaliselta viivalta työntekijän viemällä alueella (b) kentän spatiaalinen keskiarvo lasketaan vertikaaliselta viivalta työntekijän pään alueella (c) keskiarvon laskennassa käytettävät pisteet ja leikkauskuva työntekijästä



(b) *Altistuminen sähkö- ja magneettikentille, joiden taajuus on 100 kHz–300 GHz*

Sähkökentän voimakkuuden spatiaalinen keskiarvo (E_{avg}), magneettivuon tiheyden spatiaalinen keskiarvo (B_{avg}) ja tehotiheyden spatiaalinen keskiarvo olisi laskettava seuraavilla kaavoilla:

$$E_{avg} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\sum_{i=1}^n E_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Yhtälö 3)}$$

$$B_{avg} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\sum_{i=1}^n B_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Yhtälö 4)}$$

$$W_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{(Yhtälö 5)}$$

joissa n on sijaintien lukumäärä ja E_i , B_i ja W_i tarkoittavat sähkökentän voimakkuutta, magneettivuon tiheyttä ja tehotiheyttä mitattuina n :ssä sijainnissa.

Toimenpidetasojen, jotka koskevat altistumista sähkö- ja magneettikentille taajuuksilla 100 kHz–300 GHz, tarkoituksena on suojata työntekijöitä kehon lämpenemisestä aiheutuvilta haitallisilta terveystaakatuksilta. Jos arvoa E_{avg} tai B_{avg} on siis tarkoitus verrata lämpövaikutusten toimenpidetasoon, riittää, että kentät yksinkertaisesti skannataan lineaarisesti vertikaaliselta viivalta tasaisin mittausvälein siten, että ensimmäinen mittauspiste on maan tasolla ja viimeinen kahden metrin korkeudella, projisoidun pinta-alan keskikohtaan kautta.

Suosituksen mukaan valtaosassa altistumistilanteita riittää, että keskiarvo lasketaan vähintään kymmenen – tasaisin välein suoritettuna – mittauksen sarjasta silloin, kun spatiaalista keskiarvoa lasketaan työntekijän pituudelta. Kentän voimakkuuden mittauskohdat esitetään kuvassa D9 (a) vihreinä kuutioina. Kentän voimakkuuden lisämittaukset, esimerkiksi datalokilaitteiden tai spatiaalisen keskiarvon laskentalaiteiden avulla saadut tiedot, ovat hyväksyttäviä ja antavat tarkempia tietoja kentän spatiaalisesta jakautumisesta.

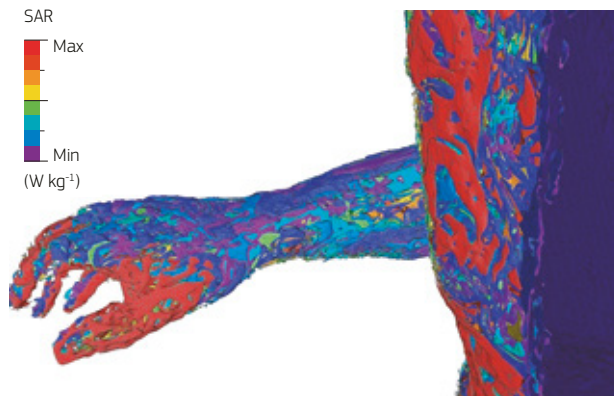
Näissä tilanteissa kyseiset mittaukset tulisi suorittaa kenttäantureilla, jotka sijoitetaan vähintään 0,2 metrin päähän esineistä tai henkilöistä kentän kytkeytymisvaikutusten välttämiseksi. On aiheellista huomioida, että spatiaaliset keskiarvot riippuvat lisäksi siitä, millaisia spatiaalisia ominaispiirteitä radiotaajuuskentillä on altistuneen työntekijän asennon mukaan.

D.2.2.3 Dosimetrinen arviointi altistumisen raja-arvojen suoraan vertailuun

Mikäli sähkömagneettisen kentän lähde on muutaman senttimetrin päässä kehosta, direktiivissä suositellaan, että vaatimustenmukaisuus määritetään dosimetrisesti niin, että tuloksia voidaan verrata suoraan altistumisen raja-arvoihin.

Kehoon indusoituneet sähkökentät (pienillä taajuuksilla) tai ominaisabsorptionopeus (SAR) ja tehotiheys (suurilla taajuuksilla) voidaan määrittää tarkasti ainoastaan numeerisilla laskelmilla. Sisäisten annossuureiden laskentamenetelmä on esitetty tämän liitteen aiemmissa jaksoissa. Kuvassa D10 annetaan esimerkki numeerisia laskelmia käyttävästä dosimetrisestä arvioinnista.

Kuva D10 Annossuureiden, tässä tapauksessa SAR-arvon, määrittäminen kädestä ja ylävartalosta, kun henkilö altistuu koteloimattomalle kaapelille, arvojen vertaamiseksi suoraan altistumisen raja-arvoihin. Direktiivissä suositellaan tätä menetelmää vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi silloin, kun hyvin paikallisia sähkömagneettisen kentän lähteitä sijaitsee muutaman senttimetrin päässä kehosta.



D.2.2.3.1 Dosimetriset peruseräatteen

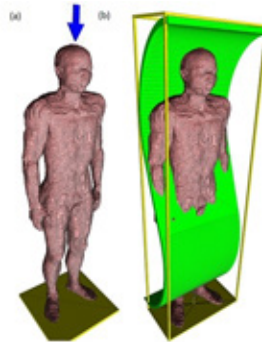
Epätasaisen altistumisen arviointitekniikoiden periaatetta ja tarkkuutta voidaan arvioida esimerkkien avulla.

(a) Esimerkki 1: Kentän spatiaalisen keskiarvon laskenta heijastuneelle tasoaallolle altistumisessa

Kun heijastunut sähkömagneettinen aalto häiritsee saapuvaa aaltoa, voi syntyä seisova aalto. Tietyissä olosuhteissa kentän voimakkuus kumoutuu, mutta useimmiten seisova aalto saa aikaan sähkökentän kaksinkertaistumisen. Tätä tilannetta ilmennetään kuvassa D11.

Kuvassa työntekijä altistuu ylhäältä horisontaalisesti polarisoituneelle kentälle, jonka suuntaus on edestä taakse. Aalto heijastuu maan tasosta takaisin työntekijän kehon alueelle. Jos tältä alueelta tehtäisiin yksi mittaus, saataisiin arvo, joka olisi nollan ja kentän maksimiarvon välillä. Näin ollen tämä yksi kentästä mitattu arvo ei hyvin todennäköisesti olisi edustava arvo kuvaamaan altistumistilannetta. Kuvassa D12 esitetään, miten altistuminen kyseiselle seisovalle aallolle 200 MHz:n taajuudella näkyy työntekijässä. Kuvasta havaitaan, että absorptiokohdat määräytyvät pääasiassa seisovan aallon huippujen ja pohjien sijaintien mukaan.

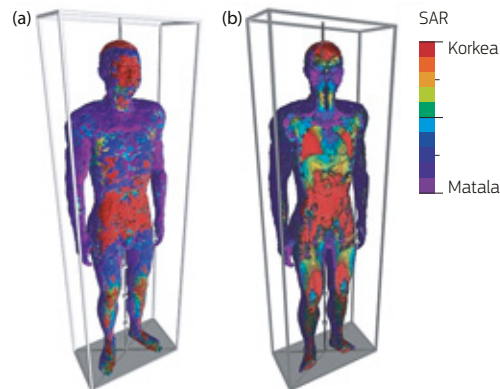
Kuva D11 Esimerkki 1: Ihmismalli, joka altistuu sähkömagneettiselle kentälle, joka heijastuu takaisin ihmiskehon alueelle. Tämä alue on esitetty keltaisena laatikkona. Seisova aalto on esitetty vihreällä värillä.



$$E_{spa} = \left[\frac{\int E^2(z) dz}{\int dz} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Yhtälö 6)}$$

Yhtälön 6 integraalin avulla voidaan tarkasti laskea kentän lineaarisesti määritetty keskiarvo työntekijän kehon alueella.

Kuva D12 Esimerkki 1 SAR-arvon kartoitukset: Ominaisabsorptiionopeuden jakautuminen (a) koko kehossa ja (b) ihmismallin osissa, kun henkilö altistuu horisontaalisesti polarisoituneelle sähkökentälle, jonka suuntaus on edestä taakse, ja tasoaalto säteilee 200 MHz:n taajuudella maadoittamattomissa olosuhteissa.



Kentän spatiaalista keskiarvoa laskettaessa suoritetaan äärellinen määrä mittauksia, joten voisi olettaa, että mitä enemmän mittauksia tehtäisiin, sitä lähempänä näin saatava arvo olisi integraalin laskemaa tarkkaa ratkaisua. Yleensä tämä pitää paikkansa; kuitenkin vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi noin kymmenen mittausta riittää. Erot sähkökentän spatiaalisen keskiarvon tarkan arvon ja mittauksilla x lasketun arvon välillä ovat tavallisesti pieniä, myös silloin, kun suoritetaan vain muutamia mittauksia. Poikkeuksena tähän on tilanne, jossa seisovan aallon minimi on lähellä mitattua arvoa.

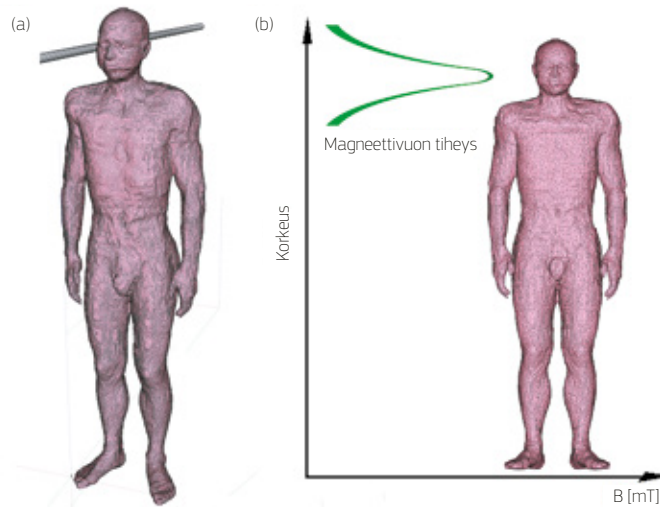
Vaikka kentän spatiaalinen keskiarvo voidaan määrittää kymmenellä mittauksella, tätä useammat mittaukset tuottavat kuitenkin tarkemman arvion kentän spatiaalisesta keskiarvosta. Tästä syystä neuvotaankin, että mahdollisuuksien mukaan käytettäisiin nykyaikaisia tutkimuslaitteita, jotka pystyvät suorittamaan noin 200–300 mittausta kehon pituudelta (esimerkiksi sondi, jota liikutetaan 10 sekuntia ja jonka lokinopeus on 32 datapistettä sekuntia kohti, tuottaa 320 mittausta), sillä on ilmeistä, että useammat mittaukset parantavat tulosten tarkkuutta.

Kun sähkömagneettisen kentän lähde sijaitsee kehon lähellä, kehon alueella vaikuttava kenttä voi jakautua epätasaisesti. Esimerkki tästä on lähelle pään aluetta sijoitettu johto (kuva D13).

(b) Esimerkki 2: Kentän spatiaalisen keskiarvon laskenta 50 Hz:n johdolle altistumisessa

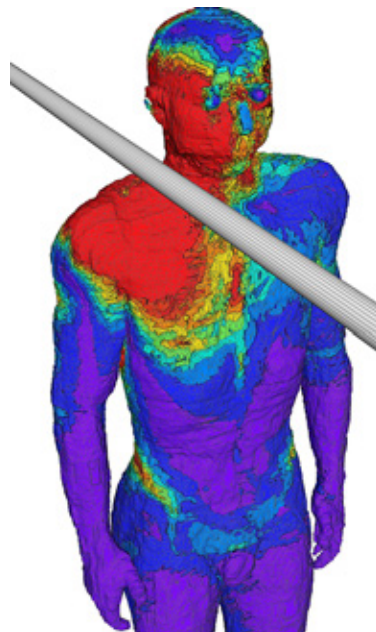
Kuvassa D14 esitetään, miten indusoitunut sähkökenttä jakautuu, kun henkilö altistuu pään tasolla 50 Hz:n suoralle johdolle. Kuvasta nähdään, että sähkömagneettinen kenttä absorboituu melko paikallisesti pään ja olkapäiden alueelle.

Kuva D13 Esimerkki 2: (a) suoralle johdolle altistunut ihmismalli (b) kentän vaihtelu korkeuden mukaan



Tutkimus on osoittanut, että suositus kolmesta mittauksesta on riittävä paikallisia lähteitä koskevien altistumisen raja-arvojen tapauksessa. Ero mittauksissa, joissa käytetään kolmea pään alueen pistettä ja ääretöntä määrää pisteitä, on tämän 50 Hz:n taajuisessa tilanteessa suuruudeltaan noin 8 prosenttia. Tätä eroa voidaan luonnollisesti haluttaessa pienentää suorittamalla useita mittauksia vertikaaliselta viivalta tasaisin mittausvälein.

Kuva D14 Esimerkki 2: Indusoituneen sähkökentän jakautuminen, kun henkilö altistuu pään alueen lähelle sijoitetulle 50 Hz:n johdolle.





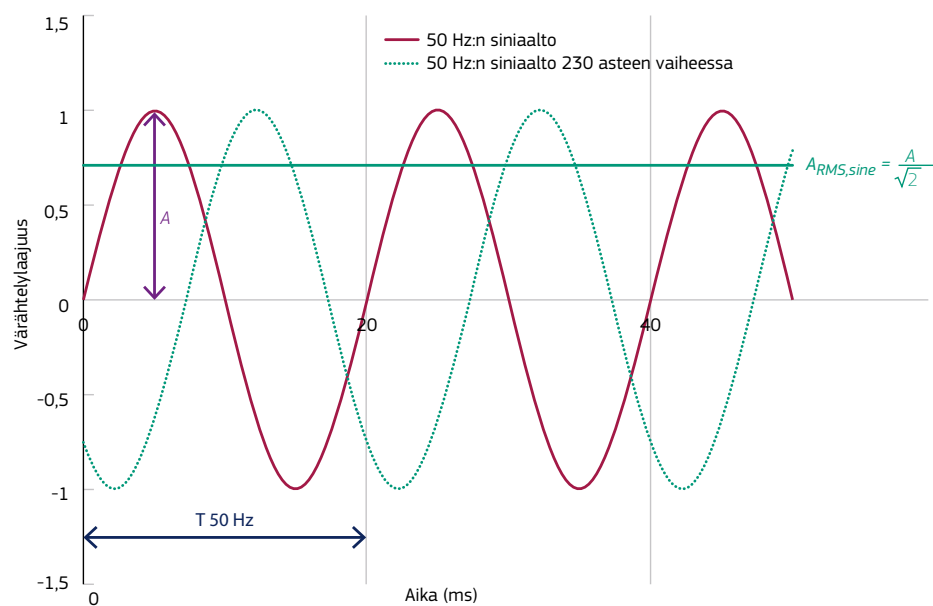
Keskeinen sanoma: spatiaalisen keskiarvon laskenta

Spatiaalisen keskiarvon laskennassa on yleensä riittävää tehdä mittauksia kolmessa mittauspisteessä, kun kyse on pienille taajuuksille altistumisten arvioinneista, taikka kymmenessä mittauspisteessä, kun kyse on radiotaajuustutkimuksista. Mittaustulokset tarkentuvat aina vain vähemmän kussakin lisämittauspisteessä, joten tavallisesti ei ole aiheellista käyttää useampaa kuin kymmentä pistettä. Jos spatiaalisen keskiarvon laskeminen viivalta on altistumistilanteessa hankalaa, olisi käytettävä yhtä yksittäistä kenttästä mitattua voimakkuuden maksimiarvoa.

D.3 Useille eri taajuuksille altistumisen arviointi

Kuten luvussa 3 ja liitteessä A todetaan, ulkoiset ajallisesti vaihtelevat pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät indusoivat sisäisiä sähkökenttiä. Kentän ajallista vaihtelua kuvataan aaltomuodolla. Yksinkertaisella siniaallolla kuvattavan ulkoisen kentän tapauksessa (kuva D15) kehon sisään indusoitunut sähkökenttä on verrannollinen ulkoisen kentän värähtelylaajuuteen ja taajuuteen.

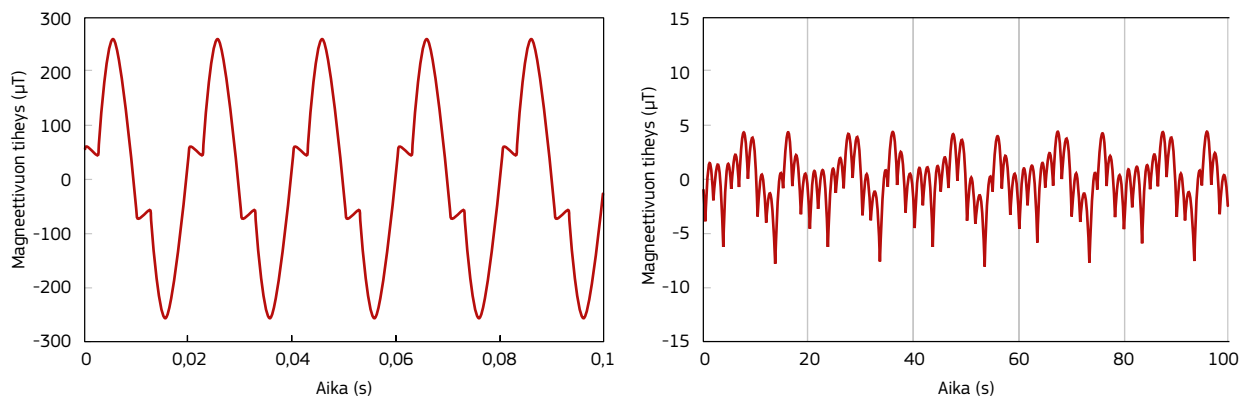
Kuva D15 50 Hz:n siniaalto. Siniaallot ovat jaksollisia ja niiden taajuus f ilmaistaan symbolilla $1/T$, jossa T on aaltomuodon jakso (esimerkiksi 50 Hz:n siniaallolla $T = 20$ ms). Siniaallon neliöllinen keskiarvo (RMS) saadaan jakamalla värähtelylaajuuden huippuarvo neliöjuurella $\sqrt{2}$. Siniaalto siirtyy vaiheiden myötä aika-akselilla eteenpäin.



Sähkö- ja magneettikenttien lähteillä, joiden taajuus on alle 10 MHz, havaitaan usein aaltomuotoja, jotka eroavat (joskus merkittävästi) täydellisestä siniaallosta (kuva D15) mutta ovat kuitenkin jaksollisia (kuva D16). Eli aaltomuoto toistuu ajan kuluessa. Tämänäyttöiset monimutkaiset aaltomuodot vastaavat summaa, joka saadaan, kun lasketaan yhteen sarja eritaajuisia siniaaltoja, joita tavallisesti nimitetään spektrikomponenteiksi. Tietyissä aaltomuodossa kullakin näistä spektrikomponenteista on oma värähtelylaajuus ja vaihe. Vastaavasti tietty väri voidaan jakaa päävärin (punainen, vihreä ja sininen) osuuksien mukaan. Tässä analogiassa väri vastaa aaltomuotoa, punainen, vihreä ja sininen ovat spektrikomponentteja, ja kunkin päävärin voimakkuus vastaa kunkin spektrikomponentin värähtelylaajuutta. Spektriä koskevat tiedot (taajuudet,

värähtelylaajuudet, vaiheet) saadaan aaltomuodon spektristä, joka määritetään yleensä aaltomuodon Fourier-analyysillä tai mitataan suoraan kapeakaistavälillä (jälkimmäiset eivät välttämättä anna vaihetietoja).

Kuva D16 Esimerkki monimutkaisista magneettivuon tiheydellä havainnollistetuista aaltomuodoista halkeamanpaljastusjärjestelmien ympärillä. Oikealla puolella 20 ms:n jaksollisuus on merkitty vertikaalisella pisteiviivalla.



D.3.1 Muut kuin lämpövaikutukset (> 1 Hz–10 MHz)

Toimenpidetasojen (ja altistumisen raja-arvojen) noudattamisen arvioiminen pienten taajuuksien alueella (alle 10 MHz) voidaan toteuttaa eri tavoin. Tietyt menetelmät antavat konservatiivisempia arvioita kuin toiset mutta ovat helpompia käyttää.



Keskeinen sanoma: useiden eri taajuuksien arviointi

EMF-direktiivissä suositellaan käytettäväksi viitemenetelmänä painotetun huippuarvon menetelmää aika-akselilla, mutta myös muita menetelmiä, esimerkiksi jaksossa D3.1.2 kuvattua monitaajuusmenetelmää, voidaan käyttää edellyttäen, että ne tuottavat jotakuinkin samankaltaisia (tai konservatiivisempia) tuloksia.

D.3.1.1 Painotetun huippuarvon menetelmä

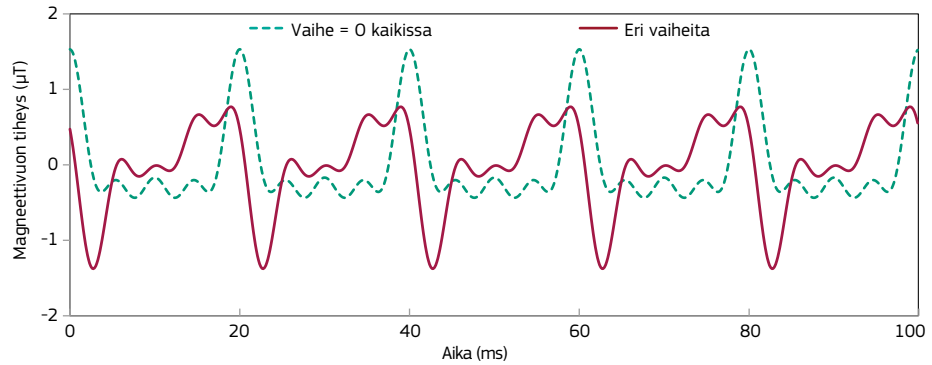
Painotetun huippuarvon menetelmä (WPM) on menetelmä, jossa otetaan huomioon signaalin muodostavien spektrikomponenttien värähtelylaajuudet ja vaiheet (ks. kuva D17, josta ilmenee spektrivaiheiden vaikutus aaltomuotoon ja altistumisindeksi). Menetelmää kutsutaan painotetuksi huippuarvoksi siksi, että aaltomuoto painotetaan taajuusriippuvaisilla toimenpidetasoilla ja altistumisindeksi muodostetaan painotetun aaltomuodon värähtelylaajuuden huippuarvon pohjalta. Painottaminen (tai suodattaminen) voidaan tehdä joko taajuusakselilla tai aika-akselilla. Tämä menetelmä soveltuu käytettäväksi myös silloin, kun arvioidaan aistimus- ja terveysvaikutusraja-arvojen noudattamista.



Keskeinen sanoma: altistumisindeksi (EI)

Altistumisindeksissä esitetään havaittu altistuminen jaettuna raja-arvolla. Jos altistumisindeksi on pienempi kuin yksi, altistuminen noudattaa raja-arvoa.

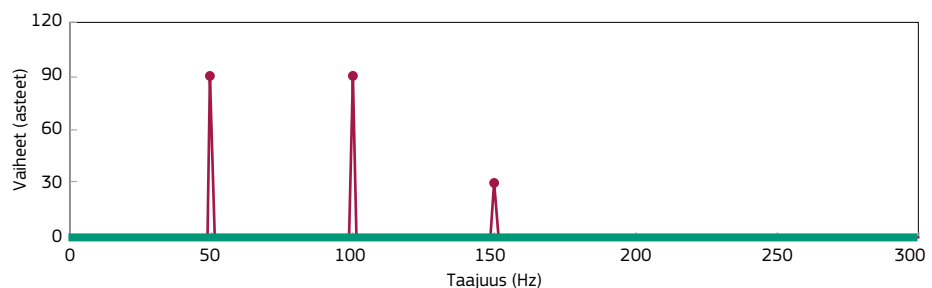
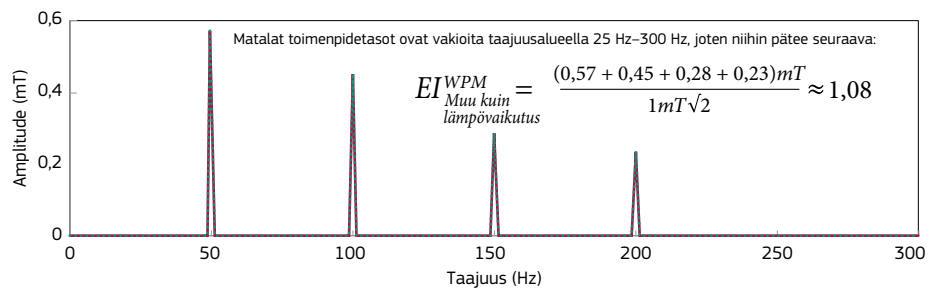
Kuva D17 Esimerkki spektrikomponenttien vaiheiden vaikutuksesta aaltomuotoon (yläkaavio). Molemmat aaltomuodot koostuvat kosiniaalloista, joiden taajuudet ovat 50 Hz, 100 Hz, 150 Hz ja 200 Hz (alakaavio). Ainoa ero näiden kahden aaltomuodon välillä on se, että toisessa aaltomuodossa kaikki neljän spektrikomponentin vaiheet on asetettu nolnaan (vihreä pisteiviiva) ja toisessa aaltomuodossa kolmen spektrikomponentin vaiheet (yhtenäinen punainen viiva) ovat muuttuneet (keskikaavio).



Matalat toimenpidetasot ovat vakioita taajuusalueella 25 Hz–300 Hz, joten mataliin toimenpidetasoihin pätee seuraava:

$$\text{Kaikki vaiheet 0 : EI} \quad EI_{\text{Muu kuin lämpövaikutus}}^{\text{WPM}} = \frac{1,53 \text{ mT}}{1 \text{ mT}\sqrt{2}} \approx 1,08 \Rightarrow \text{Vaatimusten vastainen}$$

$$\text{Eri vaiheita} \quad EI_{\text{Muu kuin lämpövaikutus}}^{\text{WPM}} = \frac{1,38 \text{ mT}}{1 \text{ mT}\sqrt{2}} \approx 0,97 \Rightarrow \text{Vaatimusten mukainen}$$



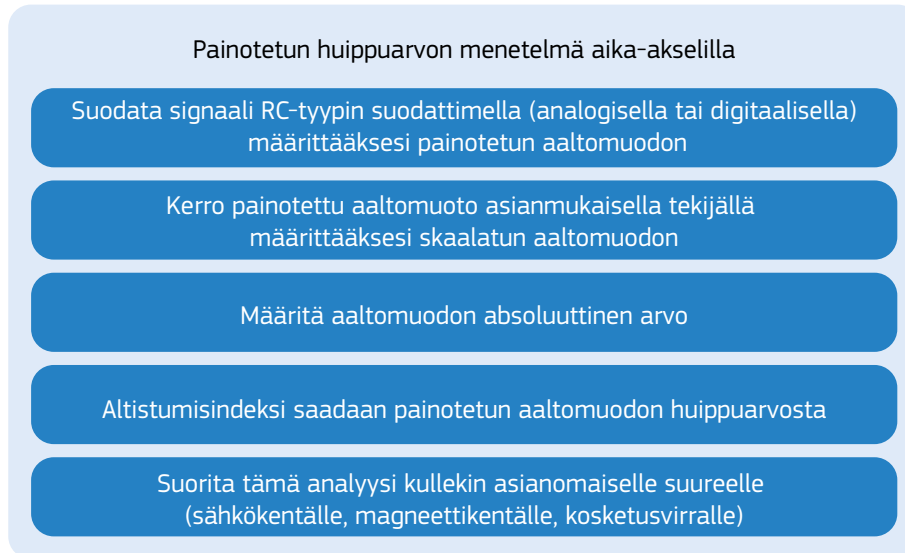
Painotetun huippuarvon menetelmä aika-akselilla

Kun painotetun huippuarvon menetelmää sovelletaan aika-akselilla, painotus tehdään RC-suodattimilla ja taajuusriippuvuutta lisäämällä, sillä tällä tavoin ilmennetään toimenpidetasojen värähtelylaajuutta ja taajuusriippuvuutta (kuva D18). Silloin, kun käytetään RC-suodattimia, suodattimen värähtelylaajuudessa ja vaiheessa havaitaan vähäisiä eroja suhteessa direktiivin paloittain määriteltäviin arvoihin ⁽¹⁾ (kuvat D19 ja D20),

⁽¹⁾ Suodattimen paloittainen värähtelylaajuus saadaan toimenpidetaso käänteisluvusta, kun taas suodattimen paloittainen vaihe saadaan yhtälöstä 7.

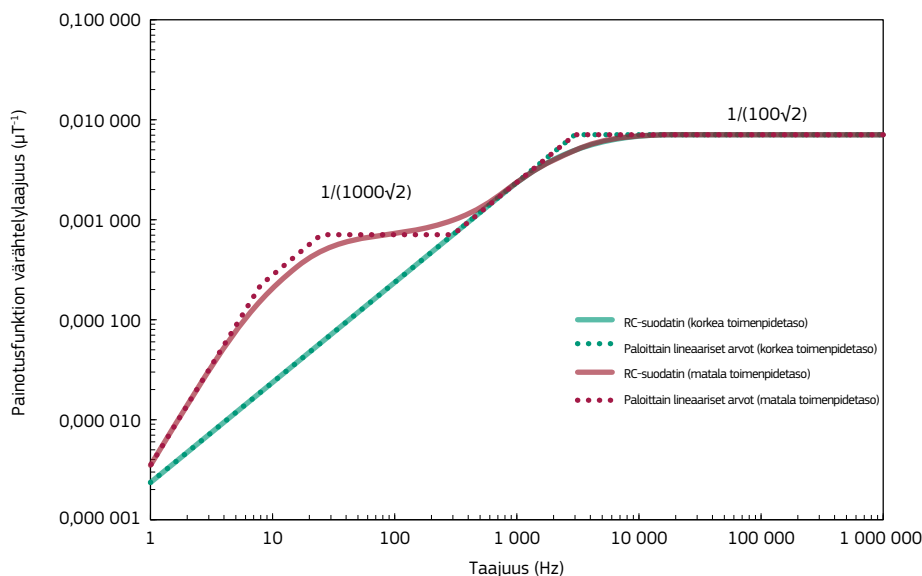
mutta RC-suodattimet antavat biologisesta käyttäytymisestä realistisemman kuvan, ja ICNIRP pitää näitä eroja hyväksyttävänä (ICNIRP 2010, Jokela 2000).

Kuva D18 Laskennan vaiheet painotetun huippuarvon menetelmässä aika-akselilla

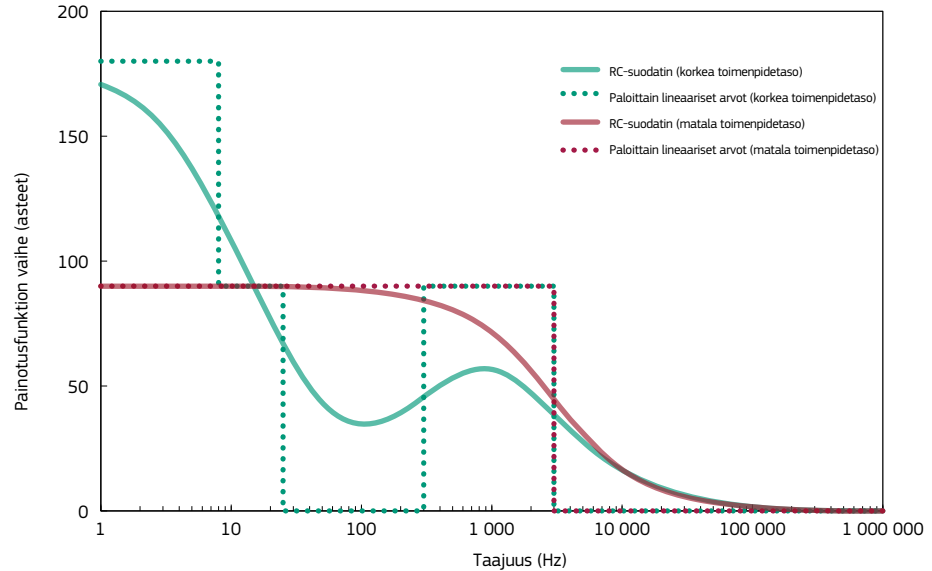


Suodatus aika-akselilla voidaan toteuttaa jälkikäsittelemällä mitattua aaltomuotoa tai digitaalisesti, esimerkiksi käyttämällä jotain kaupallisesti saatavilla olevaa laitetta, jossa on tällainen suodatusominaisuus (toiminto kulkee toisinaan nimellä STD, Shaped Time Domain). Jos käytetään kaupallisesti saatavilla olevaa laitetta, käyttäjän olisi varmistettava, että laitteessa käytetään asianmukaisia toimenpidetasoja (sen sijaan, että käytettäisiin muita altistumista koskevia standardeja tai menetelmiä).

Kuva D19 Painotusfunktion värähtelylaajuus painotetun huippuarvon menetelmässä: taajuusakselilla käytettävät paloittain lineaariset arvot (jotka määritellään alajaksoissa jäljempänä) ja aika-akselilla käytettävät approksimoidut arvot (RC-suodatin).



Kuva D20 Painotusfunktion vaihe painotetun huippuarvon menetelmässä: taajuusakselilla käytettävät paloittain lineaariset arvot (jotka määritellään alajaksossa jäljempänä) ja aika-akselilla käytettävät approksimoituvat arvot (RC-suodatin).



Painotetun huippuarvon menetelmä taajuusakselilla

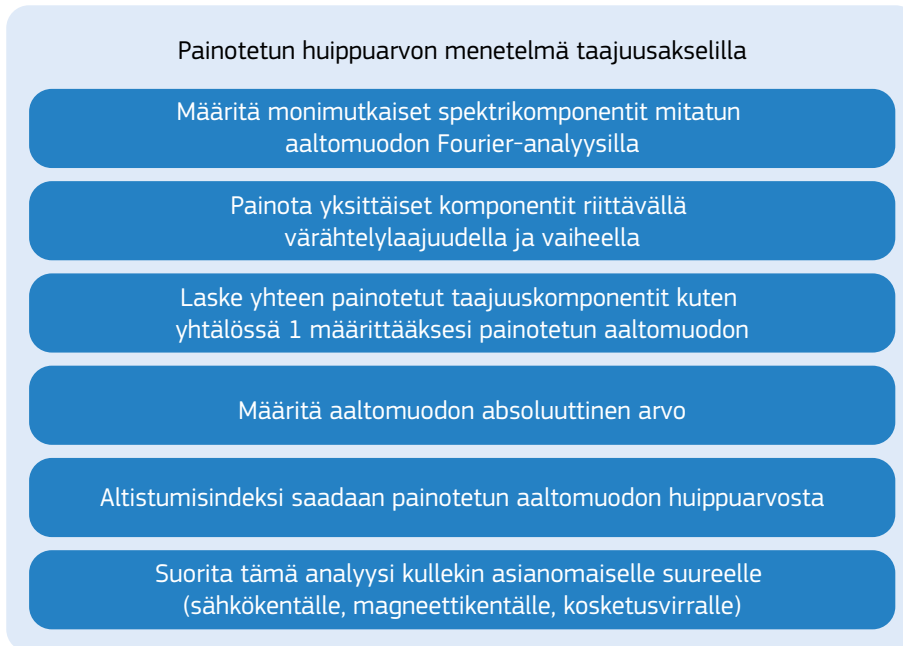
Painotetun huippuarvon menetelmän toteutusvaiheet taajuusakselilla esitetään kuvassa D21, ja niitä kuvataan ICNIRP:n vuonna 2010 antamissa ohjeissa (ICNIRP 2010). Painotetun aaltomuodon laskemiseksi kunkin spektrikomponentin värähtelylaajuus jaetaan asianmukaisilla toimenpidetasoilla (tai altistumisen raja-arvoilla, mikäli tutkittavat värähtelylaajuudet koskevat sisäisiä sähkökenttiä), ja kunkin spektrikomponentin vaiheeseen lisätään yksi vaihe φ_f . Painotetut spektritiedot muunnetaan tämän jälkeen takaisin aika-akselille seuraavasti:

$$EI_{non-thermal}^{WP} = \text{Maximum} \left\{ \left| \sum_f \frac{|A_f|}{AL_f \sqrt{2}} * \cos(2\pi f t + \theta_f + \varphi_f) \right| \right\} \quad \text{Yhtälö 7}$$

Yhtälössä $|A_f|$ ja θ_f tarkoittavat värähtelylaajuuden huippua (sähkökentän voimakkuutta tai magneettivuon tiheyttä) ja spektrikomponentin vaihetta taajuudella f ja AL_f on tällä taajuudella sovellettava toimenpidetaso. Vaihe φ_f on taajuuden funktio ja määritellään ICNIRP:n vuonna 2010 antamien ohjeiden liitteessä (ICNIRP 2010):

$$\varphi_f = \begin{cases} 180^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f^{1/2} \\ 90^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f^1 \\ 0^\circ, & f \text{ or } AL_f = \text{constant} (\propto f^0) \\ -90^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f \end{cases} \quad \text{Yhtälö 8}$$

Kuva D21 Laskennan vaiheet painotetun huippuarvon menetelmässä taajuusakselilla



Nämä ovat kuvassa D20 tarkoitetut paloittaiset arvot. Kuten edellä on todettu, tämä menetelmä soveltuu käytettäväksi myös silloin, kun arvioidaan aistimus- ja terveysvaikutusraja-arvojen noudattamista. Kun vaatimustenmukaisuutta arvioidaan altistumisen raja-arvoilla, $|A_f|$ ja θ_f tarkoittavat indusoituneiden (sisäisten) sähkökenttien värähtelylaajuutta ja vaihetta, ja toimenpidetasot korvataan yhtälöissä 7 ja 8 altistumisen raja-arvoilla. Kuten muita kuin lämpövaikutuksia koskevissa laskelmissa, neliöjuuri $\sqrt{2}$ poistetaan yhtälöstä, kun käytetään altistumisen raja-arvoja, sillä nämä määritellään huippuarvoina eikä neliöllisinä keskiarvoina.

D.3.1.2 Vaihtoehtoinen menetelmä: Monitaajuussääntö

Vaihtoehto painotetun huippuarvon menetelmälle on monitaajuussääntö (MFR), joka on helpompi käyttää mutta konservatiivisempi kuin painotetun huippuarvon menetelmä. Mikäli altistumisaste on todennäköisesti lähellä toimenpidetasoja (taiikka altistumisen raja-arvoja), tämä menetelmä ei välttämättä ole riittävä, sillä sen tuottamat arviot ovat usein hyvin konservatiivisia. Konservatiivisuus johtuu siitä, että menetelmä ei huomioi spektrikomponenttien vaiheita ja olettaa, että spektrikomponenttien siniaallot osuvat yhteen samaan aikaan niin, että koko kenttä muuttuu äkillisesti ajan kuluessa (ICNIRP 2010).

Monitaajuussäännön menetelmä kuvataan ICNIRP:n ohjeiden yhtälöissä 3–6 (ICNIRP 2010), joskin viitearvojen ja perusrajoitusten tilalla on käytettävä toimenpidetasoja ja altistumisen raja-arvoja.

$$EI_{non-thermal, X}^{MFR} = \sum_{f=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{X_f}{AL(X)_f}$$

Yhtälö 9

Edellä olevassa yhtälössä X_f on mitatun (tai lasketun) ulkoisen suureen värähtelylaajuus (RMS) taajuudella f , ja $AL(X)_f$ on asianomainen toimenpidetaso taajuudella f . Asianomaisella toimenpidetasolla tarkoitetaan toimenpidetasoa spektrikomponentin taajuudella mutta myös arvioinnin edellyttämää toimenpidetason tyyppiä (sähkökentän voimakkuus, magneettivuon tiheys, matala, korkea, kosketus). Nämä tyypit määritellään direktiivin liitteen II taulukossa B2. Kun arviointi suoritetaan altistumisen raja-arvoihin nähden, X_f tarkoittaa indusoituneen sähkökentän voimakkuuden värähtelylaajuutta (huippuarvoa eikä neliöllistä keskiarvoa) taajuudella f ja arvo $AL(X)_f$ vaihdetaan arvoon ELV_f . Kuvassa D22 näytetään altistumisindeksin laskennan vaiheet käytettäessä monitaajuussummauksen menetelmää.

Kuva D22 Laskennan vaiheet monitaajuussäännölle

Vaihtoehtoinen menetelmä:
monitaajuussääntö [helppo käyttää mutta konservatiivinen]

Määritä spektrikomponenttien **värähtelylaajuudet** mitatun aaltomuodon spektrimittauksista tai Fourier-analyysistä.

Laske yksittäiset altistumisindeksit (EI) kullakin taajuudella

Laske yhteen kaikki yksittäiset altistumisindeksit asianomaisella taajuusalueella kuten yhtälössä 3

Suorita tämä analyysi kullekin asianomaiselle suurelle (sähkökentälle, magneettikentälle, kosketusvirralle)

Monitaajuussummauksen menetelmä on melko suoraviivainen, ja monet laitteet voivat suorittaa tämän arvioinnin automaattisesti ICNIRP:n ohjeiden mukaan. Tällaiset laitteet soveltuvat arvioimaan toimenpidetasojen noudattamista, kunhan asianomaiset toimenpidetasot on ladattu laitteeseen. Tämä menetelmä soveltuu käytettäväksi myös silloin, kun arvioidaan aistimus- ja terveysvaikutusraja-arvojen noudattamista.

Taulukoissa 5a–5d esitetään vertailu altistumisindekseistä, joiden laatimisessa on käytetty painotetun huippuarvon menetelmää taajuusakselilla ja monitaajuussäännön menetelmää sekä kaupallisesti saatavilla olevan sondin STD-ominaisuutta (toisin sanoen painotetun huippuarvon menetelmää aika-akselilla).

Taulukko D5a 50 Hz:n (50 kVA) pistehitsauskone. Mittaukset tehtiin 0,3 metrin etäisyydellä hitsauskohdan korkeudella

Menetelmä	Matalat toimenpidetasot	Korkeat toimenpidetasot	Raajojen altistumisen toimenpidetasot
Monitaajuussääntö ^a	3,18	1,70	0,57
Painotetun huippuarvon menetelmä ^a	0,94	0,45	0,15
STD-toiminto ^b	0,83	0,34	0,13

^a Laskelmat tehtiin taajuusalueella pisteestä, jossa N=4096 ja T = 0,84 s (eli huomioon otettu enimmäistaajuus oli suunnilleen 2 kHz).

^b STD-mittauksissa käytettiin laitetta, jonka taajuusalue oli 1 Hz–400 kHz.

Taulukko D5b 2 kHz:n hitsauskone (mittaukset tehtiin 0,33 metrin etäisyydellä hitsausleukojen keskikohdasta)

Menetelmä	Matalat toimenpidetasot	Korkeat toimenpidetasot	Raajojen altistumisen toimenpidetasot
Monitaajuussääntö ^a	4,52	3,44	1,15
Painotetun huippuarvon menetelmä ^a	1,08	0,81	0,27
STD-toiminto ^b	-	1,00	-

^a Laskelmat tehtiin taajuusalueella pisteestä, jossa N=4096 ja T = 0,5 s (eli huomioon otettu enimmäistaajuus oli 4 kHz).

^b STD-mittauksissa käytettiin laitetta, jonka taajuusalue oli 1 Hz–400 kHz.

Taulukko D5c Transkraniaalinen magneettistimulaattori (TMS)

Menetelmä	Matalat toimenpidetasot	Korkeat toimenpidetasot	Raajojen altistumisen toimenpidetasot
Monitaajuussääntö ^a	21,88	21,81	7,27
Painotetun huippuarvon menetelmä ^a	13,43	13,23	4,41
STD-toiminto ^b	-	12,22	4,11

^aLaskelmat tehtiin taajuusalueella pisteestä, jossa T = 5 ms (eli huomioon otettu enimmäistaajuus oli 409 kHz).

^bSTD-mittauksissa käytettiin laitetta, jonka taajuusalue oli 1 Hz–400 kHz.

Taulukko D5d 100 kVA:n saumahitsauskone (mittaus tehtiin 28 cm:n päässä hitsauspisteestä, pisteen edestä ja takaa)

Menetelmä	Matalat toimenpidetasot	Korkeat toimenpidetasot	Raajojen altistumisen toimenpidetasot
Monitaajuussääntöä	4,30	2,59	0,86
Painotetun huippuarvon menetelmä	1,09	0,61	0,20
STD-toimintob	1,13	0,59	0,16

^aLaskelmat tehtiin taajuusalueella pisteestä, jossa T = 333 ms (huomioon otettu enimmäistaajuus oli 6,1 kHz).

^bSTD-mittauksissa käytettiin laitetta, jonka taajuusalue oli 1 Hz–400 kHz.

Jos on olemassa merkityksellisiä spektrikomponentteja, joiden taajuus on yli 100 kHz, lämpövaikutukset on otettava huomioon ja arvioitava erillään muista kuin lämpövaikutuksista. Näitä seikkoja käsitellään seuraavassa alajaksossa.

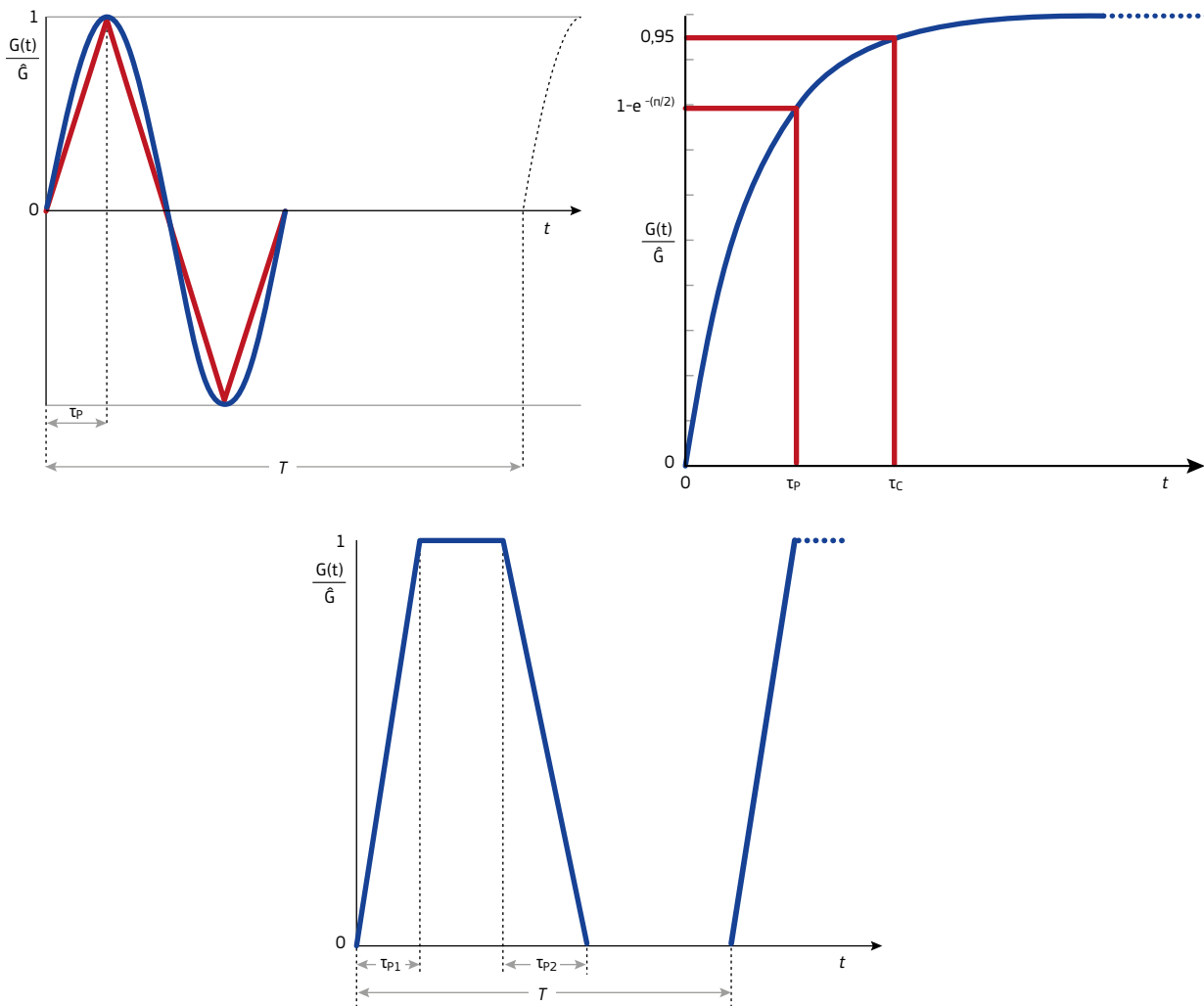
D.3.1.3 Vaihtoehtoinen menetelmä: Yksinkertainen arviointi fysiologisin perustein

Aika-akselilla pulssimuotoiset kentät on mahdollista erotella eri osiin, jotka koostuvat sinimuotoisista, trapetsimuotoisista, triangulaarisista tai eksponentiaalisista yksi- ja monitaajuisista tai vakiokenttäkomponenteista (ks. kuva D23). Tässä tapauksessa voidaan toteuttaa yksinkertaistettu arviointi pientaajuusalueella parametreilla, joita kuvataan seuraavassa (Heinrich, 2007). Menetelmä perustuu fysiologiaan, erityisesti stimulaatiomekanismiin, seuraavasti:

- (1) Stimulaatiovaikutuksia tapahtuu vain silloin, jos asianmukaisesti määritelty kynnyisarvo ylittyy.
- (2) Tämän kynnyisarvon alle jäävät pulssit eivät pysty aiheuttamaan minkäänlaista stimulaatiota, vaikka ne olisivat hyvin pitkiä.
- (3) Jos pulssit ovat hyvin lyhyitä, edellytetään suurempia voimakkuuksia.

Arviointimenetelmä sisältyy Saksan tapaturmavakuutuslaitoksen tapaturmien ehkäisemistä koskevaan asetukseen (BGV B11, 2001). On kuitenkin huomattava, että tässä vuonna 2001 annetussa asetuksessa ei käytetä uuden EMF-direktiivin toimenpidetasoja ja altistumisen raja-arvoja.

Kuva D23 Erimuotoisia signaalikäyriä (pulsseja): sinimuotoinen (ylävasemmalla), eksponentiaalinen (yläoikealla) ja trapetsimuotoinen tai triangulaarinen (alhaalla)



Tällaisiin signaalikäyriin (kuva D23) liittyviä kenttiä kuvataan seuraavilla lisäparametreilla:

G Suureen G sijaan käytetään sähkökentän voimakkuutta E , magneettikentän voimakkuutta H tai magneettivuon tiheyttä B .

$G(t)$ tarkoittaa ajan funktiota ja \hat{G} huippuarvoa.

T Pulssin kesto tai pulssin leveys ja sitä seuraava tauko

τ_p Aika, joka kuluu siihen, että sinimuotoiseen, triangulaariseen tai trapetsimuotoiseen signaalikäyrään liittyvä kenttä muuttuu nolasta positiiviseen tai negatiiviseen huippuarvoon tai positiivisesta tai negatiivisesta huippuarvosta nolaaan. Eksponentiaalisten signaalikäyrien tapauksessa parametri τ_p määritetään edellä esitetyn diagrammin mukaan. Jos yksittäiset ajat τ_{pi} vaihtelevat, kaikki nämä arvot τ_{pi} sisällytetään myöhempisiin laskelmiin.

T_I	Integraatioaika, jossa $T_I = \begin{cases} T & \text{jossa } T \leq 1 \text{ s} \\ 1 \text{ s} & \text{kaikissa muissa tapauksissa} \end{cases}$
τ_{pmin}	Pienin arvo kaikista ajoista τ_{pi} : $\tau_{pmin} = \min_i(\tau_{pi})$
τ_c	Apu suure eksponentiaalisten signaalikäyrien määrittelyyn. Jos yksittäiset ajat τ_{ci} vaihtelevat, kaikki nämä arvot τ_{ci} sisällytetään myöhempiin laskelmiin.
τ_D	Kaikkien kentän muutosten i yhteenlaskettu aika aikavälillä T_i : - sinimuotoisille, triangulaarisille ja trapetsimuotoisille signaalikäyriille: $\tau_D = \sum_i \tau_{pi}$ - eksponentiaalisille signaalikäyriille: $\tau_D = \sum_i \tau_{ci}$
f_p	Kentän muutoksen taajuus, jossa: $f_p = \frac{1}{4 \cdot \tau_{pmin}}$
V, V_{max}	Painotuskerroin, suurin painotuskerroin $V = \begin{cases} \sqrt{\frac{T_I}{\tau_D}} & \text{jossa } \sqrt{\frac{T_I}{\tau_D}} \leq V_{max} \\ V_{max} = 2.6 & \text{kaikissa muissa tapauksissa} \end{cases}$
$\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,max}$	Magneettivuon tiheyden aikaderivaatan maksimiarvo $\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,max} = \omega \hat{B} \cdot V = 2\pi \cdot f_p \sqrt{2} \cdot B \cdot V$
$\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{k-arvo}$	Magneettivuon tiheyden aikaderivaatan keskiarvo $\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{k-arvo} = \frac{\omega \hat{B} \cdot V}{\pi/2} = 4 \cdot f_p \sqrt{2} \cdot B \cdot V$

Taulukko D6: Magneettivuon tiheyden aikaderivaatan maksimiarvoa koskevat toimenpidetasot $\left| \frac{dB(t)}{dt} \right|_{p,max}$ muodossa (T/s) EMF-direktiivin taulukon B2 mukaan

Taajuusalue	Matala toimenpidetaso	Korkea toimenpidetaso	Raajojen paikalliselle magneettikentälle altistumisen toimenpidetaso
1 Hz < f_p < 8 Hz	$1,8 \cdot V/f_p$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
8 Hz < f_p < 25 Hz	$0,2 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
25 Hz < f_p < 300 Hz	$0,01 \cdot f_p \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
300 Hz < f_p < 3 kHz	$2,7 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
3 kHz < f_p < 10 MHz	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,003 \cdot f_p \cdot V$

Taulukko D7: Magneettivuon tiheyden aikaderivaatan keskiarvoa koskevat toimenpidetasot $\left| \frac{dB(t)}{dt} \right|_{p,max}$ **muodossa (T/s) EMF-direktiivin taulukon B2 mukaan, keskimääräinen arvo aikavälillä τ_p**

Taajuusalue	Matala toimenpidetaso	Korkea toimenpidetaso	Raajojen paikalliselle magneettikentälle altistumisen toimenpidetaso
1 Hz < f_p < 8 Hz	$1,15 \cdot V/f_p$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
8 Hz < f_p < 25 Hz	$0,13 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
25 Hz < f_p < 300 Hz	$6 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
300 Hz < f_p < 3 kHz	$1,7 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
3 kHz < f_p < 10 MHz	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$2 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$

EMF-direktiivin altistumisen raja-arvoja noudatetaan, mikäli asianomaisia toimenpidetasoja sovelletaan tämän menetelmän mukaan.

Tätä arviointimenetelmää koskevat painotuskertoimet V , V_{max} ja toimenpidetasojen taulukot on mukautettu EMF-direktiivin vaatimuksiin.

D.3.2 Lämpövaikutukset (100 kHz–300 GHz)

D.3.2.1 Arviointi toimenpidetasoihin nähden

Kun sähkömagneettisissa kentissä on merkityksellisiä spektrikomponentteja, joiden taajuus on yli 100 kHz, lämpövaikutukset ovat merkittäviä, ja lämpövaikutusten kokonaisaltistumisindeksi saadaan seuraavasta yhtälöstä (ICNIRP 1998):

$$EI_{thermal,X} = \sum_{f=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{X_f^2}{AL(X)_{thermal,X}^2} \quad \text{Yhtälö 10}$$

Yhtälössä X_f tarkoittaa värähtelylaajuutta (RMS-arvoa) taajuudella f , ja X tarkoittaa sähkökentän voimakkuutta, magneettivuon tiheyttä tai kosketusvirtaa. $AL(X)_{thermal,f}$ tarkoitetaan lämpövaikutusten toimenpidetasoa taajuudella f . Nämä toimenpidetasot määritellään direktiivin liitteen III taulukoissa B1–B3. Jos vertailu suoritetaan kentän voimakkuuteen nähden, arvon X_f^2 tulee olla keskiarvo kuuden minuutin jaksoa kohti alle 6 GHz:n taajuuksilla tai kesto, joka saadaan yhtälöstä $\tau = 68/f^{1,05}$ minutes (jossa f on yksikössä GHz), mikäli taajuudet ovat yli 6 GHz. Kosketusvirtojen osalta summaus suoritetaan vain taajuusalueella 100 kHz–110 MHz, eikä ajallisen keskiarvon laskemista edellytetä.

Sähkömagneettisen kentän aaltomuodon kaltevuudella ei ole vaikutusta kudosten lämpenemiseen, eikä painotetun huippuarvon menetelmää tästä syystä käytetä arvioitaessa lämpövaikutusten välttämiseksi asetettujen toimenpidetasojen noudattamista.

Radiotaajuuspulsseilla, joiden kantotaajuus on yli 6 GHz, pulssin leveyttä kohti lasketun tehotiheyden keskimääräisen huippuarvon on oltava alle 50 kWm^{-2} – asianomainen kynnsarvo on yhtä kuin tuhat kertaa tehotiheyttä koskeva toimenpidetaso (direktiivin liitteen III taulukko B1).

Kuten muiden kuin lämpövaikutusten tapauksessa, jossa ulkoiset kentät vaihtelevat huomattavasti työntekijän kehon alueella, voi olla aiheellista laskea altistumistasojen spatiaalinen keskiarvo menetelmällä, joka soveltuu käytettäväksi siihen kehon osaan, jota koskevaa raja-arvoa sovelletaan. Tätä seikkaa käsitellään edellisessä jaksossa (jaksossa D2).

Arviointi raajassa kulkevien virtojen toimenpidetasoon nähden (10–110 MHz)

Raajassa kulkevien virtojen arvioinnissa käytetään samaa yhtälöä kuin arvioitaessa sähkö- ja magneettikenttiä, mutta ainoastaan taajuudet 10–110 MHz huomioidaan. On huomattava, että $I_{L,f}^2$, eli raajassa kulkevan virran neliö taajuudella f on ilmaistava keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti.

D.3.2.2 Arviointi altistumisen raja-arvoihin nähden

Arviointi terveysvaikutusraja-arvoihin nähden (100 kHz–300 GHz)

Kuten esitetään ohjeissa (ICNIRP 1998), terveydellisten lämpövaikutusten altistumisindeksi saadaan yhtälöstä:

$$EI_{thermal,ELV} = \frac{1}{ELV(SAR)} \sum_{f=100 \text{ kHz}}^{6 \text{ GHz}} W_i \langle SAR_f \rangle + \frac{1}{ELV(S)} \sum_{f>6 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \langle S_f \rangle \quad \text{Yhtälö 11}$$

jossa

$\langle SAR_f \rangle$ on ominaisabsorptionopeus (SAR) taajuudella f yksikössä W/kg ja keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti.

$ELV(SAR)$ on ominaisabsorptionopeutta (SAR) koskeva altistumisen raja-arvo yksikössä $W \text{ kg}^{-1}$, kuten direktiivin liitteen III taulukossa A1 määritellään.

$\langle S_f \rangle$ on tehotiheys taajuudella f , yksikössä Wm^{-2} ja keskiarvona kutakin 20 cm^2 :n suuruista altistunutta aluetta kohti ja ajalla, joka saadaan yhtälöstä $\tau = 68f^{0.05} \text{ minutes}$ (jossa f on yksikössä GHz).

$ELV(S)$ on tehotiheyttä koskeva altistumisen raja-arvo, joka on $50 Wm^{-2}$, kuten direktiivin liitteen III taulukossa A1 määritellään.

Paikallisen SAR-arvon arvioimiseksi – koko kehon keskiarvon sijaan – paikallinen SAR on laskettava keskiarvona 10 gramman yhtenäistä kudosta kohti; näin saatua SAR:n maksimiarvoa olisi käytettävä yhtälössä 10. Jaksossa D2 annetaan lisätietoja keskiarvojen laskennasta.

Arviointi aistimusraja-arvoihin nähden (300 MHz–6 GHz)

Kuuloelimiin kohdistuvia vaikutuksia voi aiheutua pään altistumisesta pulssimuotoiselle mikroaaltosäteilylle, jonka taajuus on 300 MHz–6 GHz. Tällaisten vaikutusten välttämiseksi on noudatettava ominaisabsorptiota koskevia altistumisen raja-arvoja, joiden altistumisindeksi saadaan yhtälöstä:

$$EI_{auditory ELV} = \frac{1}{ELV(SAR)} \sum_{f=300 \text{ MHz}}^{6 \text{ GHz}} SA_f \quad \text{Yhtälö 12}$$

Yhtälössä

SA_f on pään alueen ominaisabsorptio (SA) taajuudella f yksikössä $J \text{ kg}^{-1}$, joka on sama kuin 10 gramman kudoksesta laskettujen keskiarvojen maksimiarvo, ja $ELV(SA)$ on yhtä kuin 10 mJ kg^{-1} .

D.3.3 Taajuusalueen 100 kHz–10 MHz sähkömagneettisten kenttien arviointi

Kun on kyse kentästä, jossa esiintyy radiotaajuussignaaleita, joiden taajuus on 100 kHz–10 MHz, taikka harmonisia perussignaaleja, joiden taajuus on alle 100 kHz, silloin on osoitettava, että raja-arvoja noudatetaan sekä muiden kuin lämpövaikutusten että lämpövaikutusten osalta. Tämä voitaisiin toteuttaa vertaamalla sisäisten kenttien arvoja asianomaisiin altistumisen raja-arvoihin, mutta yleensä kuitenkin verrataan ulkoisten kenttien arvoja asianomaisiin toimenpidetasoihin.

Kuvista 6.2 ja 6.7 ilmenee, millainen arviointi asianomaisen lähteen taajuusalueen mukaan on toteutettava (toimenpidetasojen ja altistumisen raja-arvojen noudattamiseksi). Monissa tapauksissa vain yksi vaikutustyyppi (lämpö- tai muu kuin lämpövaikutus) on merkittävä sen mukaan, millaisia lähteen taajuusominaisuudet ovat, mutta silloin, kun lähde on taajuusalueella 100 kHz–10 MHz (tämä on merkitty punaisella kuvissa 6.2 ja 6.7), molemmat vaikutukset ovat merkittäviä, ja näin ollen edellytetään, että nämä molemmat täyttävät niitä koskevat vaatimukset. Tämä seikka ilmenee taulukosta D8 (toimenpidetasojen osalta).

Esimerkkinä voidaan tarkastella ympäristöä, jossa työntekijän altistumisen osoitetaan koostuvan 75 kHz:n perussignaalista sekä merkittävästä harmonisesta sisällöstä taajuuksilla 225 kHz, 375 kHz ja 525 kHz. Koska kaikki kyseiset taajuudet ovat alle 10 MHz, ne on otettava huomioon muita kuin lämpövaikutuksia koskevan altistumisindeksin arvioinnissa sähkö- ja magneettikenttien ja tarvittaessa kosketusvirtojen osalta kaikilla yksilöidyillä taajuuksilla taajuusalueella 1 Hz–10 MHz. Altistumiseen saattaa lisäksi hyvinkin liittyä verkkotaajuussignaaleita (50/60 Hz) ja niihin liittyvää harmonisuutta. Lisäksi 225 kHz:n, 375 kHz:n ja 525 kHz:n signaalit on sisällytettävä ympäristön lämpövaikutuksia koskevan altistumisindeksin arviointiin, sillä nämä taajuudet sisältyvät taajuusalueeseen 100 kHz–300 GHz. Myös kaikki muut tällä taajuusalueella yksilöidyt taajuudet on otettava mukaan lämpövaikutuksia koskevan altistumisindeksin laskentaan. Lämpövaikutusten vaatimustenmukaisuutta toimenpidetasoihin nähden voidaan arvioida käyttämällä ulkoisen sähkö- tai magneettikentän voimakkuusarvoja, mutta tarvittaessa on arvioitava myös kosketusvirtojen altistumisindeksiä. Kaikkien altistumisindeksien (muita kuin lämpövaikutuksia, lämpövaikutuksia ja kosketusvirtoja koskevien indeksien) arvon on oltava alle 1. Jos näin ei ole, työntekijän tai lähteen toimintaa on rajoitettava niin, että vaatimustenmukaisuus voidaan varmistaa. Jos toimenpidetasojen noudattamista ei pystytä osoittamaan, on yhä mahdollista kyetä osoittamaan, että altistumisen raja-arvot täyttyvät, mutta tällaisen menettelytavan kustannukset voivat olla huomattavia.

Taulukko D8 Epätäydellinen luettelo esimerkeistä ja niihin liittyvistä toimenpidetasojen noudattamisvaatimuksista lähteen taajuusalueen perusteella. Lyhenteet ja yhtälöt selitetään seuraavissa alajaksoissa.

Lähteen taajuusalue	Vaadittava mittaus	Käytettävät yhtälöt	Toimenpidetasojen vaatimukset	Esimerkkejä lähteistä
1 Hz-100 kHz	B, E, I_c	Yhtälö 6 tai 8	$E_{\text{muu kuin lämpövaikutus}, X}^M \leq 1$ $X = \{B, E, I_c\}$ ja $M = \{(1) \text{ tai } (2)\}$	Sähköteollisuuden siirtojohdot, magneettijauheinduktio
100 kHz-10 MHz	B, E, I_c	Yhtälö 6 tai 8 ja yhtälö 9	Samat kuin edellä sekä $E_{\text{lämpövaikutus}, X} \leq 1$ jossa $X = \{B, E, I_c\}$	Elektroniset tuoteseurantajärjestelmät, AM-radiolähetystoiminnan tukiasemat, sähköverkkotiedon-siirtojärjestelmät
10 MHz-110 MHz	B, E, I_c, I_L	Yhtälö 9	$E_{\text{lämpövaikutus}, X} \leq 1$ jossa $X = \{B, E, I_c, I_L\}$	FM-radiolähetystoiminnan tukiasemat, muovinhitsauskoneet
110 MHz-300 GHz	B, E (jos on kyse kaukokentästä, silloin B tai E)	Yhtälö 9	$E_{\text{lämpövaikutus}, X} \leq 1$ jossa $X = \{B, E\}$ (jos on kyse kaukokentästä, silloin $X = \{B \text{ tai } E\}$)	Matkaviestinnän tukiasemat armeijatutkat

On syytä korostaa, että muut kuin lämpövaikutukset ovat välittömiä, kun taas kehon lämmönsäätelyprosessien johdosta lämpövaikutukset riippuvat altistumisen kestosta tai kestosuhteesta. Tästä syystä terveydellisten muiden kuin lämpövaikutusten arvioimiseen käytetään välittömän altistumisen maksimiarvoa, kun taas EMF-direktiivissä mahdollistetaan terveydellisten lämpövaikutusten arvioinnissa altistumisen laskeminen keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti silloin, kun taajuudet ovat alle 10 GHz, ja yhtälöstä $\tau = 68/f^{1.05}$ minutes (jossa f on yksikössä GHz) saatua jaksoa kohti silloin, kun taajuudet ovat yli 10 GHz. Jos vertailu suoritetaan kentän voimakkuuden, vuon tiheyden taikka raajassa kulkevan virran toimenpidetasoihin nähden, ajallinen keskiarvo on laskettava toiseen potenssiin korotetuista arvoista.

D.4 Staattisille magneettikentille altistumisen arviointi

D.4.1 Johdanto

Ääreishermostojen stimulaatio sekä hetkelliset aistinelimiin kohdistuvat vaikutukset, kuten huimaus, pahoinvointi, metallin maku ja näköaistimukset, kuten verkkokalvon fosfeenit, ovat keskeisiä vaikutuksia, joita aiheutuu kehon tai kehon osien liikkeestä staattisissa magneettikentissä.

EMF-direktiivissä asetetaan staattisia magneettikenttiä koskevia raja-arvoja kahdentyyppisiin työolosuhteisiin, joita ovat seuraavat:

- tavanomaiset (valvomattomat) työolosuhteet ja
- valvotut työolosuhteet, joissa on toteutettu ehkäiseviä toimenpiteitä, esimerkiksi otettu käyttöön kulunvalvonta ja annettu työntekijöille tietoja.

Staattisissa magneettikentissä liikkumisen vaatimustenmukaisuuden arviointi riippuu työympäristöstä eli siitä, onko ympäristö tavanomainen vai valvottu, ja erilaisia vaikutuksia voidaan joutua ottamaan huomioon. Prosessia havainnollistetaan kuvan D24 vuokaaviossa. Jos vaatimukset täyttyvät tavanomaisissa työolosuhteissa, on varmaa, että ne täyttyvät myös valvotuissa työolosuhteissa. Sen sijaan valvotuissa työolosuhteissa on ainoastaan osoitettava, että noudatetaan ääreishermostojen stimulaation huomioon ottavia altistumisen raja-arvoja ja toimenpidetasoja.

EMF-direktiivin liitteen II taulukossa A1 esitettyjä ulkoista magneettivuon tiheyttä koskevia altistumisen raja-arvoja sovelletaan staattisiin magneettikenttiin. Liikuttaessa staattisen magneettikentän gradientin läpi kehoon indusoituu pientaajuisia sähkökenttiä. Tässä tapauksessa altistumisten arvioinnin tulisi perustua EMF-direktiivin liitteen II taulukoissa A2 ja A3 esitettyihin altistumisen raja-arvoihin ja taulukossa B2 määritettyihin toimenpidetasoihin. Siitä, miten altistumista staattisissa magneettikentissä liikkumisen indusoimille sähkökentille voidaan rajoittaa, on julkaistu lisäohjeita (ICNIRP 2014). Nämä ohjeet perustuvat parhaaseen saatavilla olevaan näyttöön, mutta tämän oppaan laatimishetkellä ohjeita ei vielä ollut sisällytetty EMF-direktiiviin. Arvot esitetään tiivistetyssä muodossa taulukossa D9.

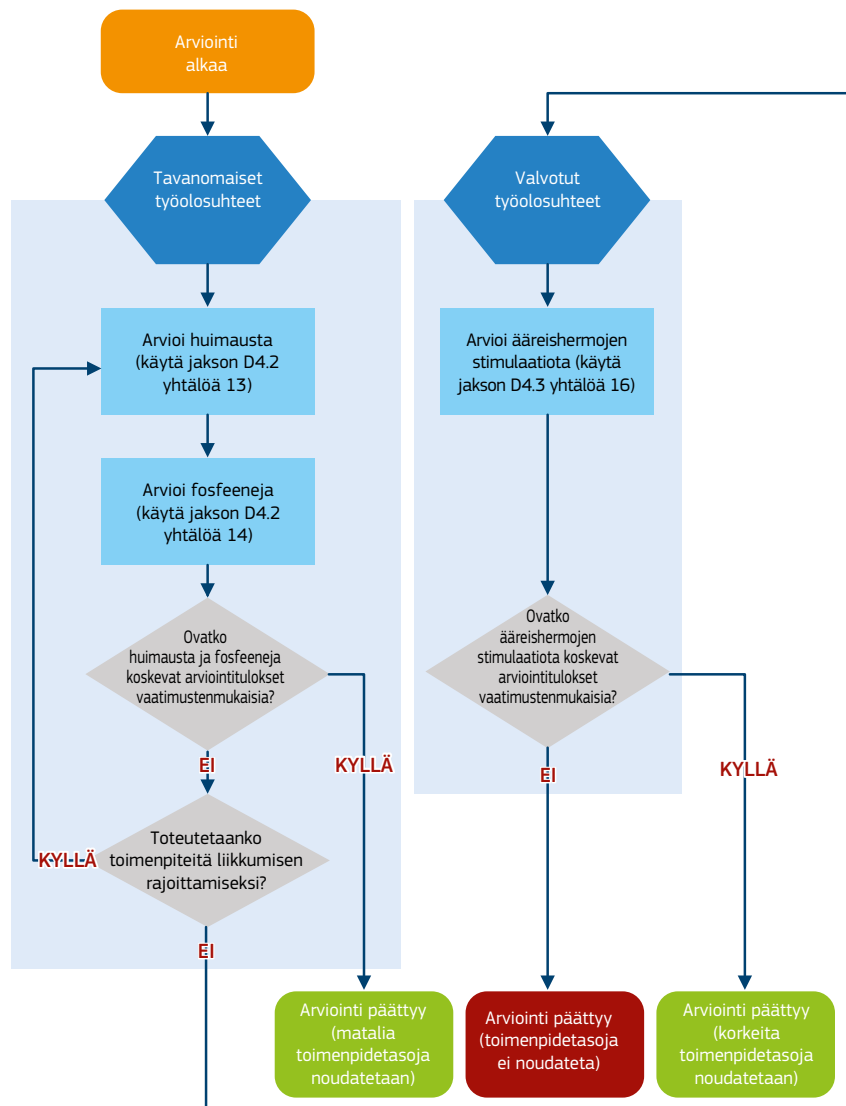
ICNIRP:n antamat ohjeet eivät ole sitovia, ja niissä käytetään eri sanastoa kuin EMF-direktiivissä. Perusrajoitukset ovat suureita, joita ei pitäisi ylittää ja jotka käsitteinä vastaavat EMF-direktiivin altistumisen raja-arvoja. Viitearvot johdetaan konservatiivisesti perusrajoituksista, mutta ne ilmaistaan suureina, joita voidaan arvioida perusrajoituksia helpommin. Viitearvon käsite vastaa EMF-direktiivissä käytettyä toimenpidetason käsitettä.

Taulukko D9 Perusrajoitukset ja viitearvot staattisissa magneettikentissä liikkumisesta aiheutuvan työperäisen altistumisen rajoittamiseksi (ICNIRP 2014)

Taajuus (Hz)	Perusrajoitukset		Viitearvot	
	Aistinelimiin kohdistuvat vaikutukset ¹	Terveysvaikutukset ²	Aistinelimiin kohdistuvat vaikutukset ¹	Terveysvaikutukset ²
0 – 0,66	1,1	1,1	2,7	2,7
0,66 – 1	0,7/f	1,1	1,8/f	2,7

- Huom.
- 1 – Rajoituksilla pyritään minimoimaan fosfeenien esiintymistä tavanomaisissa työolosuhteissa.
 - 2 – Rajoituksilla pyritään minimoimaan ääreishermostojen stimulaatiovaikutuksen esiintymistä valvotuissa työolosuhteissa.
 - 3 – Staattisessa magneettikentässä liikkumisesta aiheutuvan huimauksen välttämiseksi magneettivuon tiheyden maksimimuutos ΔB kutakin kolmen sekunnin jaksoa kohti ei saisi olla yli 2 T. Valvotuissa työolosuhteissa tämä arvo voi ylittyä (ICNIRP 2014).

Kuva D24 Vaatimustenmukaisuuden arviointiprosessi staattisissa magneettikentissä liikkumisen tapauksessa



D.4.2 Tavanomaiset työolosuhteet

Tavanomaisissa työolosuhteissa rajoitukset, jotka koskevat staattisissa magneettikentissä liikkumisesta aiheutuvaa altistumista, perustuvat aistinelimiin kohdistuviin vaikutuksiin, kuten huimaukseen, pahoinvointiin ja fosfeeneihin. Liikkeen indusoimien kenttien spektri ulottuu 25 Hz:n taajuuteen, ja tämä olisi otettava huomioon aistimusraja-arvoja (EMF-direktiivin liitteen II taulukko A3) ja ICNIRP:n perusrajoituksia (taulukko D9) valittaessa. Yleensä on asianmukaista verrata altistumisia mataliin toimenpidetasoihin (EMF-direktiivin liitteen II taulukko B2) ja ICNIRP:n viitearvoihin (taulukko D9).

Huimausvaikutuksen minimointi

Staattisessa magneettikentässä liikkumisesta aiheutuvien aistinelimiin kohdistuvien vaikutusten, kuten huimauksen ja pahoinvoinnin, esiintyminen voidaan minimoida liikkumalla kentässä mahdollisimman hitaasti. Näin ollen huimauksen ja pahoinvoinnin todennäköisyyden minimoimiseksi magneettivuon tiheyden muutos ΔB ei saisi ylittää kunakin kolmen sekunnin ajanjaksona arvoa 2 T:

$$|\Delta B|_{3s} \leq 2 \text{ T} \quad \text{Yhtälö 13}$$

Fosfeenien esiintymisen minimointi

Fosfeeniaistimusten esiintymisen minimoimiseen tulisi soveltaa sisäisen sähkökentän voimakkuutta E_f koskevia aistimusraja-arvoja (liitteen II taulukko A3) ja perusrajoituksia (taulukko D9). Koska sisäisen sähkökentän voimakkuus ei ole helposti määriteltävissä, yleensä on kätevää arvioida vaatimustenmukaisuutta viitearvoilla (taulukko D9) ja matalien toimenpidetasojen (liitteen II taulukko B2) aikaderivaatalla.

Sähkökenttä, joka indusoituu kehoon liikuttaessa staattisen magneettikentän läpi, on sinimuotoinen, ja sen spektri voi ylittää 25 Hz:n taajuuteen. Tästä syystä on tarpeen ottaa huomioon kentän taajuuskomponentit painotetun huippuarvon menetelmällä (ks. liite D3).

Altistumisindeksi aikaderivaatalle dB/dt saadaan seuraavasta yhtälöstä, joka perustuu taajuusriippuvaiseen ja vaihekytkentäiseen painotusfunktioon:

$$EI_{movement}^{phosphene} = \text{Maximum} \left\{ \left[\sum_{f=0}^{25 \text{ Hz}} \frac{|A_f|}{RL_f} * \cos(2\pi f t + \theta_f + \varphi_f) \right] \right\} \quad \text{Yhtälö 14}$$

Tässä yhtälössä $|A_f|$ ja θ_f tarkoittavat spektrikomponentin värähtelylaajuutta ja vaihetta magneettivuon tiheyden aikaderivaatan dB/dt taajuudella f ja RL_f tarkoittaa aistinelimiin kohdistuvien vaikutusten viitearvoa kyseisellä taajuudella. Vaihe φ_f (suodattimen niin sanottu vaihekulma) on parametrin RL_f taajuusriippuvuuden funktio, ja sen arvo on 90 astetta taajuusalueella 0–0,66 Hz, 180 astetta taajuusalueella 0,66–8 Hz ja 90 astetta taajuusalueella 8–25 Hz, ja vastaavat parametrin RL_f taajuusriippuvuudet ovat näillä alueilla f^0 , $1/f$ ja f^0 . Suodatinfunktion vaihearvot magneettivuon tiheyden aikaderivaatalle dB/dt määritellään ICNIRP:n vuonna 2010 antamissa ohjeissa (ICNIRP, 2010) ja selitetään liitteessä D3.

Kun edellä esitettyä yhtälöä käytetään aikaderivaatan dB/dt altistumisindeksin laskentaan, on kiinnitettävä huomiota siihen, että viitearvot aikaderivaatan dB/dt huippuarvolle on määritelty yksinomaan alle 1 Hz:n taajuuksille. Yli 1 Hz:n taajuuksille on määritelty toimenpidetasoja (liitteen II taulukko B2) magneettivuon tiheyden RMS-arvoina mutta ei aikaderivaattoina. Näitä toimenpidetasoja on kuitenkin mahdollista käyttää vastaavan parametrin RL_f laskemiseen aikaderivaatan dB/dt huippuarvolle yli 1 Hz:n taajuudella:

$$\left(\frac{dB}{dt}\right)_{RL, \text{huippuarvo}} = 2 \sqrt{2\pi f B_{\text{lowAL},rms}} \quad \text{Yhtälö 15}$$

Yhtälössä $B_{\text{lowAL},rms}$ on magneettivuon tiheyden matalan toimenpidetason neliöllinen keskiarvo (RMS) taajuudella f ja $\left(\frac{dB}{dt}\right)_{RL, \text{huippuarvo}}$ on muunnettu RL_f aikaderivaatan dB/dt huippuarvolle kyseisellä taajuudella.

D.4.3 Valvotut työolosuhteet

Kuten edellä jaksossa D4.2 todettiin, indusoituneeseen sähkökenttään sisältyy komponentteja, joiden taajuudet ovat enimmillään 25 Hz, ja tämä on huomioitava silloin, kun valitaan asianmukaisia terveysvaikutusraja-arvoja (liitteen II taulukko A2) ja perusrajoituksia (taulukko D9). Tässäkin tapauksessa on tavallisesti jälleen kätevämpää verrata altistumisia korkeisiin toimenpidetasoihin (liitteen II taulukko B2) ja terveysvaikutusten viitearvoihin (taulukko D9).

Ääreishermosten stimulaation ehkäiseminen

Ääreishermosten stimulaation ehkäisemiseksi sekä ICNIRP:n perusrajoituksessa että terveysvaikutusraja-arvossa sisäisen sähkökentän voimakkuus E_f rajataan arvoon $1,1 \text{ Vm}^{-1}$. Vastaavien ICNIRP:n viitearvojen ja korkeiden toimenpidetasojen aikaderivaatan arvo on $2,7 \text{ Ts}^{-1}$. Koska sekä viitearvo että korkean toimenpidetason aikaderivaatta ovat vakioita tutkittavalla taajuusalueella, altistumisindeksi saadaan laskemalla yhteen spektrikomponentit 25 Hz:n taajuuteen saakka. Spektrikomponenttien värähtelylaajuutta ei painoteta (suodatinvaihe ϕ_f asetetaan nolnaan kaikissa spektrikomponenteissa), mutta aikaderivaatan dB/dt spektrikomponenttien vaiheet otetaan huomioon.

$$EI_{\text{movement}}^{PNS} = \frac{1}{2.7} * \text{Maximum} \left\{ \sum_{f=0}^{25 \text{ Hz}} |A_f| * \cos(2\pi f t + \theta_f) \right\} \quad \text{Yhtälö 16}$$

Yhtälössä $|A_f|$ ja θ_f tarkoittavat aikaderivaatan dB/dt spektrikomponentin värähtelylaajuutta ja vaihetta taajuudella f . Yhtälössä 16 sulkeissa oleva ilmaisutapa tarkoittaa samaa kuin aikaderivaatan dB/dt aaltomuodon absoluuttisen arvon määrittäminen (kaikki aikaderivaatan dB/dt arvot ovat siis positiivisia). Altistumisindeksi saadaan tämän jälkeen aaltomuodon huippuarvosta jakamalla se arvolla $2,7 \text{ Ts}^{-1}$.

D.5 Epävarmuustekijät

Mittauksen tai laskelman tarkoituksena on määrittää tutkittavan suureen ”todellinen arvo” ⁽¹⁾, ja poikkeamat arvosta selittyvät epävarmuudella.

Direktiivissä edellytetään, että työnantajat ottavat epävarmuustekijät huomioon ja kirjaavat epävarmuustekijät kokonaisvaltaisen altistumisen arvioinnin osaksi. Direktiivin 4 artiklassa todetaan, että ”arvioinnissa on otettava huomioon mittauksiin tai laskelmiin liittyvät epävarmuustekijät, kuten numeeriset virheet, lähteiden mallintaminen, fantomigeometria ja

⁽¹⁾ Todelliseen arvoon liittyä myös epävarmuutta, sillä se on arvio, joka perustuu kunkin hetken asiantuntemukseen ja tietoon.

kudosten ja materiaalien sähköiset ominaisuudet, jotka on määritetty asiaa koskevan hyvän käytännön mukaisesti”.

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa yksi työnantajan keskeisistä haasteista on osoittaa, että direktiivin toimenpidetasoihin ja altistumisen raja-arvoihin liittyvät mittaukset ja/tai laskelmat ovat tarkkoja. Epävarmuuden lähteiden yksilöinti, niiden vaikutuksen ilmaiseminen lukuina ja sen osoittaminen, että tämä vaikutus on hyväksyttävissä rajoissa, antavat edellytykset asianmukaisen varmuuden saavuttamiseen.

Kansainväliset standardit, kuten ISO/IEC-opas 98-3:2008, ovat hyviä mittausten epävarmuutta koskevien käytännöllisten neuvojen lähteitä, ja Cenelec ja muut standardisoimiselimet ovat julkaisseet standardeja, joissa kuvataan erinäisiä parhaaseen käytäntöön pohjautuvia vaihtoehtoja epävarmuuden hallintaan, kun verrataan sähkömagneettisen altistumisen suuria raja-arvoihin (ks. liite H).

Ihannetapauksessa kokonaisepävarmuuden tulisi olla pieni mitatun ja/tai lasketun arvon ja toimenpidetason tai altistumisen raja-arvon väliseen eroon nähden. Jos epävarmuus on hyvin suurta, altistumisarvon vaatimustenmukaisuutta koskevaa arviota suhteessa raja-arvoon ei todennäköisesti voida pitää kovin luotettavana, joten voi olla toivottavaa toistaa arviointi aiempaa tarkemmilla menetelmillä ja/tai välineillä, joilla epävarmuutta voidaan pienentää.

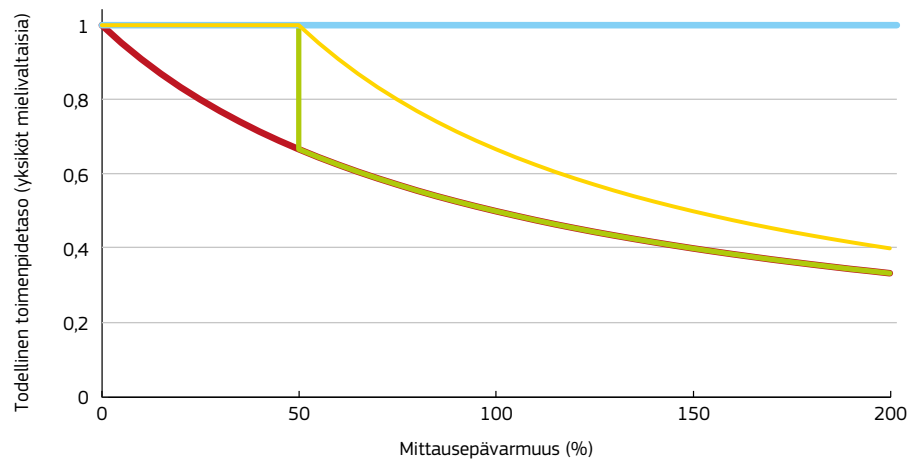
Kahden yleisen menetelmän avulla tiedetään voitavan puuttua vaatimustenmukaisuutta koskevan arvioinnin epävarmuustekijöihin. Kummassakin menetelmässä on vahvuuksia ja heikkouksia. Ensimmäinen menetelmä on suoran vertailun tai ”jaetun riskin” menetelmä, jossa mitattua tai laskettua arvoa verrataan suoraan toimenpidetasoihin tai altistumisen raja-arvoihin. Toinen menetelmä on additiivinen menetelmä, jossa epävarmuus lisätään mitattuun tai laskettuun arvoon, ennen kuin sitä verrataan asianmukaiseen toimenpidetasoon tai altistumisen raja-arvoon. Molempiin menetelmiin kuuluu epävarmuuden huolellista arviointia, mutta jälkimmäinen menetelmä on perusluonteeltaan läpinäkyvämpi.

Näistä kahdesta menetelmästä voidaan käyttää erilaisia yhdistelmäversioita, ja tietyn menetelmän valinta riippuu todennäköisesti sellaisista tekijöistä kuin kansallinen tapa ja käytäntö tai altistumisolosuhteista. Eri menetelmien vaikutusta havainnollistetaan kuvassa D25. Eri menetelmien käyttö on perusteltavissa silloin, kun epävarmuus ei ole erityisen suurta, sillä perusteella, että toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot on johdettu rajoituksista, joihin sisältyy korjauskertoimia, joilla halutaan varmistaa, että näissä arvoissa on riittävä ”turvamarginaali” aistinelimiin kohdistuvien ja terveysvaikutusten välttämiseksi.

D.5.1 Mittauksia koskevat epävarmuustekijät

Mittausjärjestelyjen epävarmuus perustuu tavallisesti eri tekijöiden yhdistelmään. Näitä ovat muun muassa systemaattinen *virhe*, joka liittyy mittausvälineen toimintaan, ja *satunnaisvirhe*, joka voi johtua mittauksen suoritustavasta. On tärkeää tietää, että mahdolliset virhelähteet voidaan yksilöidä ja kunkin lähteen enimmäisepävarmuus voidaan ilmaista määrällisesti. Yleensä määrällisiä arvioita epävarmuudesta laaditaan kahdella tavalla. Arviot voidaan joko johtaa toistettujen mittausten tilastollisesta arvioinnista (ns. tyyppin A arviointi), tai ne voidaan laatia käyttämällä erilaisia muita tietoja, kuten aikaisempaa kokemusta, kalibrointitodistuksia, valmistajan eritelmiä, julkaistuja tietoja, laskelmia sekä arkipäätelyä (ns. tyyppin B arviointi).

Kuva D25 Epävarmuuden hallinnan eri menetelmien vertailua. Sininen viiva havainnollistaa epävarmuuden huomiotta jättämisen vaikutusta. Punainen viiva havainnollistaa additiivisen menetelmän käytön vaikutusta. Vihreä viiva havainnollistaa esimerkkiä ”jaetun riskin” menetelmästä: tässä tapauksessa mitattua arvoa verrataan suoraan, mikäli epävarmuus on alle 50 prosenttia, ja jos epävarmuus ylittää tämän arvon, menetelmä vaihtuu additiiviseksi. Keltainen viiva havainnollistaa vaihtoehtoista ”jaetun riskin” menetelmää: kun epävarmuus ylittää 50 prosenttia, aletaan soveltaa additiivista menetelmää.



Kun kaikki yksittäiset virhelähteet on yksilöity ja niistä aiheutuvat epävarmuustekijät on ilmaistu määrällisesti, voidaan laskea kumulatiivinen vaikutus noudattamalla vakiintuneita ”virheen kasautumislakeja”. Näin saadaan arvio mittaukseen liittyvästä kokonaisepävarmuudesta, joka voidaan ilmaista ”luottamusvälinä”. Luottamusväliin liittyvä luottamusprosentti saadaan soveltamalla peittokerrointa k , joka liittyy kellonmuotoiseen todennäköisyyskäyrään. Jos k on 1, luottamus on 68 prosenttia, jos k on 2, luottamus on 95 prosenttia, ja jos k on 3, luottamus on 99,7 prosenttia.

Mittausepävarmuuden arviointi voi monilla työpaikoilla olla monimutkaista, sillä mitään yhtä menetelmää ei voida soveltaa kaikissa tilanteissa. On kuitenkin olemassa erinäisiä yleisesti tunnustettuja hyviä käytäntöjä. Tällaisia ovat esimerkiksi sellaisten mittausvälineiden käyttö, joiden mittausepävarmuus on matala, ja sen varmistaminen, että välineiden kalibrointi on jäljitettävissä (näin vähennetään systemaattisen virheen suuruutta). Hyviin mittaustekniikoihin kuuluvat esimerkiksi mittausten toistaminen ja mittausten keskiarvojen määrittäminen arvioinnin aikana, ja näillä keinoin voidaan vähentää satunnaisvirheen suuruutta.

Monissa Cenelecin tuotestandardeissa käytetään hybridimenetelmää, jossa mittausta voidaan verrata suoraan raja-arvoihin, mikäli tietty epävarmuuden enimmäistaso ei ylity. Jos enimmäistaso ylittyy, epävarmuustekijä otetaan suoraan huomioon mittauksissa tai raja-arvoissa vaatimustenmukaisuutta koskevien kriteerien tiukentamiseksi ja liiallisen epävarmuuden korjaamiseksi.

Tavallisesti sähkömagneettisten kenttien mittauksissa sallitut epävarmuuden enimmäisarvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin tarkkuusarvot, joihin päästään yleisesti käytetyillä mittauslaitteilla ja kalibrointimenetelmillä.

Teknisistä standardeista on saatavilla hyödyllistä tietoa siitä, miten eri epävarmuustekijät voidaan yhdistää kokonaisarvioksi. Epävarmuuslaskennan koontityökalut (uncertainty budget) voivat olla hyödyllisiä silloin, kun arvioidaan sähkömagneettiselle kentälle altistumisen epävarmuutta, ja kyseisiä työkaluja käsitellään erilaisissa sähkömagneettisiin kenttiin liittyvissä tuotestandardeissa. Hyvä esimerkki on standardi EN 50413, joka on eräänlainen oletusmittausstandardi, jota voidaan käyttää tilanteissa, joissa tiettyä tekniikkaa taikka teollisuudenalaa koskevaa standardia ei ole saatavissa.

Silloinkin, kun epävarmuus on sallitulla tasolla, olisi huolellisesti varmistettava, että työntekijän altistus ei ylitä direktiivin toimenpidetasoja tai altistumisen raja-arvoja. Kuten EMF-direktiivin 5 artiklassa todetaan, ”työntekijät eivät saa altistua terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot ylittävälle tasolle, paitsi jos 10 artiklan 1 kohdan a tai c alakohdan taikka 3 artiklan 3 tai 4 kohdan mukaiset edellytykset täyttyvät. Jos terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot ylittyvät huolimatta toimenpiteistä, jotka työnantaja on toteuttanut, työnantajan on välittömästi ryhdyttävä toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi näiden altistumisen raja-arvojen alapuolelle.”

D.5.2 Altistumlaskelmia koskevat epävarmuustekijät

Sisäisissä ja ulkoisissa altistumlaskelmissa voi olla lukuisia numeeristen virheiden lähteitä, jos sovellettavia malleja ei ole laadittu asianmukaisesti. Siksi on tärkeää selvittää dosimetriaan liittyviä epävarmuustekijöitä. Epävarmuuden eri lähteet voidaan ryhmitellä kolmeen luokkaan, joita tarkastellaan seuraavissa jaksoissa.

D.5.2.1 Numeerisia menetelmiä koskevat epävarmuustekijät

Esimerkkinä voidaan mainita virheet, jotka liittyvät sisäisten annossuureiden, kuten SAR-arvon, laskentaan. SAR-arvon määrittämisessä kehon sähkökenttä on laskettava asianmukaisesti sekä voimakkuuden että ominaisabsorptionopeuden jakautumisen osalta. Mikäli spatiaalisesta huippuarvosta on laskettava keskiarvo tiettyä massaa, kuten direktiivin liitteessä III määriteltyä 10 gramman yhtenäistä kudosta, kohti, virheitä syntyy, jos SAR arvioidaankin esimerkiksi kuutiota kohti. Jos numeerisen simulaation reunaehdot on asetettu väärin, tästä koituu ratkaisuun virheitä silloin, kun sähkömagneettinen kenttä heijastuu artefaktuaalisesti takaisin laskennalliselle alueelle. Lisäksi ratkaisun diskretisointi, esimerkiksi altistumistilanteen esittäminen kuutioina, voi aiheuttaa porrastusvirheitä, joista voi koitua merkittäviä ongelmia pieniä taajuuksia koskevissa laskelmissa.

D.5.2.2 Sähkömagneettisen laitteen mallia koskevat epävarmuustekijät

Altistumistilanteen simulointia varten sähkömagneettisen kentän synnyttävästä laitteesta on laadittava edustava malli. Tällaisissa tapauksissa ratkaisuun voi päästä syntymään virheitä, jos muun muassa laitteen mitat, sijainti, lähtöteho ja päästöominaisuudet on esitetty huonosti. Laitteen sijoitus on erityisen tärkeä tekijä, jos kentän lähde on lähellä kehoa, sillä useimpien laitteiden synnyttämä kenttä heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa.

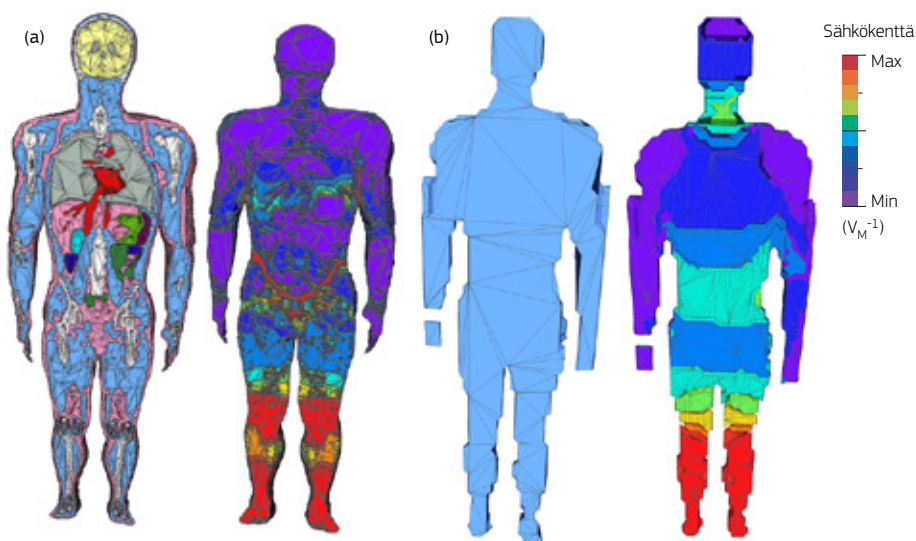
D.5.2.3 Ihmiskehon mallia koskevat epävarmuustekijät

Jos kehon mallin anatomia, asento ja muut tällaiset tekijät eivät vastaa altistuvan työntekijän ominaisuuksia, tuloksiin voi päästä syntymään virheitä. Esimerkiksi kehon yksinkertainen homogeeninen malli saattaa synnyttää sisäisille annossuureille, kuten indusoituneille sähkökentille ja ominaisabsorptionopeuksille, hyvinkin erilaisia arvoja kuin laskelmat, jotka suoritetaan anatomisesti realististen heterogeenisten mallien pohjalta. Lisäksi tällaiset yksinkertaiset ihmismallit voivat tuottaa keinotekoisia ilmiöitä, kuten esimerkiksi syvällä kehossa sijaitsevia alueita, jotka näyttävät paikallisen SAR:n maksimiarvoilta tai indusoituneilta sähkökentiltä, kun näitä malleja käytetään numeerisissa simulaatioissa (kuva D26).

Epätarkkuustekijöiden vähentämiseksi annossuureiden laskennassa suositellaan sovellettavaksi muun muassa seuraavia käytäntöjä:

- Saatuja tuloksia tulee verrata muiden numeeristen menetelmien antamiin tuloksiin samassa altistumistilanteessa. Jos saadut tulokset ovat samankaltaisia, tiettyyn altistumisympäristöön sovellettu numeerinen simulaatio voidaan todeta luotettavaksi.
- Numeerisia tuloksia tulee verrata mittauksiin. Ulkoisten kenttäsuureiden, kuten sähkö- ja magneettikenttien voimakkuuksien, simulaatioita olisi verrattava mitattuihin arvoihin, mikäli sellaisia on saatavissa, sähkömagneettisen kentän lähdettä kuvaavan mallin luotettavuuden toteamiseksi.
- Tuloksia tulisi verrata eri organisaatioiden tuloksiin (laboratorioiden väliset vertailut). Vertaamalla saatuja numeerisia tuloksia muihin julkaistuihin tietoihin samasta tai samanlaisesta altistumisympäristöstä arvioitsijat saattavat saada huomattavaa vahvistusta tulostensa luotettavuudesta.
- Tutkimustulosten lähentymistä tulisi testata. Numeeriset menetelmät, joilla kehon sisäisiä annossuureita lasketaan, ovat yleensä luonteeltaan toistettavia (esimerkiksi FDTD-menetelmä, SPFD-menetelmä, FEM) ja päätyvät lopulliseen ratkaisuun tulosten lähentymisen perusteella. Jos tulosten lähentyminen ja ratkaisun pysyvyys ovat heikkoja, on erittäin todennäköistä, että simulaation tulokset ovat epätarkkoja.

Kuva D26 Altistumisesta 50 Hz:n ulkoiselle sähkökentälle aiheutuneen indusoidun sähkökentän jakautuminen a) 2 mm:n resoluutiolla laadukkaassa heterogeenisessa ihmismallissa ja b) 16 mm:n resoluutiolla heikkolaatuisessa homogeenisessa ihmismallissa. Jos laskelmissa käytetään heikkolaatuisia ja heikon resoluution homogeenisia ihmismalleja, saatavat arvot voivat olla virheellisiä.



Keskeinen sanoma: epävarmuus

Kaikkiin mittauksiin ja laskelmiin liittyy epävarmuustekijöitä, ja nämä tekijät olisi aina ilmaistava määrällisesti ja otettava huomioon tulosten tulkinnassa. Epävarmuutta hallitaan eri menetelmillä kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaan. Useimmiten sovelletaan ”jaetun riskin” menetelmää, mutta tietyt viranomaiset voivat edellyttää additiivisen menetelmän käyttöä.

LIITE E

EPÄSUORAT VAIKUTUKSET JA RISKEILLE ERITYISEN ALTTIIT TYÖNTEKIJÄT

EMF-direktiivissä edellytetään, että työnantajat ottavat riskinarvioinneissaan huomioon sekä epäsuorat vaikutukset että riskeille erityisen alttiit työntekijät. Direktiivissä ei kuitenkaan alla olevassa taulukossa E1 lueteltuja kolmea poikkeusta lukuun ottamatta (ks. lisätiedot jaksosta 6.2) määritellä toimenpidetasoja tai anneta muita ohjeita siitä, miten turvallinen kenttäympäristö määritellään. Tässä liitteessä selitetään tarkemmin turvallisten kenttäolosuhteiden määrittelyyn liittyviä vaikeuksia ja annetaan lisäohjeita työnantajille, joiden on arvioitava riskejä tällaisissa tilanteissa.

Taulukko E1 Epäsuoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot ja niitä koskevat jaksot tässä oppaassa

Epäsuoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot	Jakso
Staatistien magneettikenttien aiheuttamat häiriöt aktiivisissa implantoituissa lääkinnällisissä laitteissa	6.2.1
Staatistien magneettikenttien aiheuttama vetovoima- ja sinkoutumisriski	6.2.1
Kosketusvirrat ajallisesti vaihtelevista kentistä < 110 MHz	6.2.2

E.1 Epäsuorat vaikutukset

Epäsuoria vaikutuksia aiheutuu silloin, kun sähkömagneettisessa kentässä olevasta kohteesta tulee turvallisuus- tai terveysvaara. EMF-direktiivissä yksilöidään viisi epäsuoraa vaikutusta, jotka olisi otettava huomioon kaikissa riskinarvioinneissa. Nämä ovat seuraavat:

- häiriöt lääkinnällisissä sähkölaitteissa
- ferromagneettisten esineiden aiheuttamat sinkoutumisriskit staattisissa magneettikentissä
- sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden (sytyttimien) laukeaminen
- syttyvien kaasujen syttyminen
- kosketusvirrat.

Huomiota olisi kiinnitettävä myös mahdollisiin muihin epäsuoriin vaikutuksiin (ks. jakso E1.6).

Yleensä epäsuoria vaikutuksia esiintyy vain erityisissä olosuhteissa, ja usein on melko yksinkertaista selvittää, että tällaisia olosuhteita ei esiinny tietyllä työpaikalla, mikä tarkoittaa, että riski on jo lähtökohtaisesti minimaalinen. Toisinaan näin ei kuitenkaan ole, ja tällaisissa tilanteissa edellytetään yksityiskohtaista arviointia.

E.1.1 Häiriöt lääkinnällisissä sähkölaitteissa

Sähkömagneettiset kentät voivat häiritä lääkinnällisten sähkölaitteiden asianmukaista toimintaa samalla tavoin kuin ne voivat häiritä mitä tahansa muita sähkölaitteita. Lääkinnälliset laitteet saattavat kuitenkin olla hoidon kannalta elintärkeitä, joten häiriöiden seuraukset voivat olla vakavia.

Kaikkien Euroopan unionin alueella markkinoille saatettavien tai käyttöön otettavien lääkinnällisten sähkölaitteiden on täytynyt täyttää 30. kesäkuuta 2001 jälkeen

lääkinnällisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY muutettuna) *olennaiset vaatimukset*. Todellisuudessa monet niistä laitteista, jotka otettiin käyttöön 1. tammikuuta 1995 jälkeen, täyttivät myös lääkitinnällisistä laitteista annetun direktiivin vaatimukset.

Näihin olennaisiin vaatimuksiin sisältyy ehto, jonka mukaan laitteet on suunniteltava ja valmistettava siten, että poistetaan taikka vähennetään kohtuudella ennakoitaviin ympäristöolosuhteisiin liittyviä vaaroja, kuten magneettikentät, ulkoiset sähköiset vaikutukset ja sähköstaattiset purkaukset.

Käytännössä valmistajat täyttävät lääkitinnällisistä laitteista annetun direktiivin olennaiset vaatimukset silloin, kun he valmistavat tuotteensa asianmukaisen yhdenmukaistetun standardin mukaisesti. Keskeinen häiriönsietoa koskeva standardi on EN 60601-1-2, mutta erityisstandardeissa voi myös olla tähän liittyviä vaatimuksia. Sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien häiriöiden sietoa koskevat olennaiset vaatimukset ovat samat lääkitinnällisistä laitteista annetussa direktiivissä ja aktiivisia implantoitavia lääkitinnällisiä laitteita koskevassa direktiivissä (ks. jäljempänä), mutta yhdenmukaistetuissa standardeissa näitä vaatimuksia on tulkittu eri tavoin. Standardiversioissa versiosta EN60601-1-2 painokseen 3 (2007) edellytettiin, että laitteen olennaisten toimintojen ei pidä vaarantua seuraavissa olosuhteissa:

- kun laite altistuu verkkotaajuisille magneettikentille, joiden voimakkuus on enintään 3 A/m (3,8 μ T)
- kun laite altistuu sähkökentille, joiden voimakkuus on enintään 3 V/m, taajuuksilla 80 MHz–2,5 GHz (kentät ovat tyypillisesti amplitudimoduloituja 1 kHz:n taajuudella)
- elvytyslaitteiden osalta sähkökenttien voimakkuuden sietovaatimus nousee taajuusalueella 80 MHz–2,5 GHz arvoon 10 V/m.

Nämä arvot luovat lähtökohdat lääkitinnällisten sähkölaitteiden häiriötodennäköisyyksien arvioinnille.

Standardin EN60601-1-2 painoksessa 4 (2014) puututaan lääkitinnällisistä laitteista annetun direktiivin ja aktiivisia implantoitavia lääkitinnällisiä laitteita koskevan direktiivin yhdenmukaisuutta koskeviin seikkoihin. Painoksessa edellytetään, että valmistajat ilmoittavat, mitkä ovat laitteille sopivia käyttöympäristöjä, ja nostetaan häiriönsietokyvyn vaatimustasoja niiden laitteiden osalta, jotka on tarkoitettu kotihoitoympäristöihin.

Standardissa lähdetään lisäksi siitä, että näiden häiriönsietotasojen saavuttaminen olisi vaikeaa laitteissa, jotka on suunniteltu fysiologisten parametrien seurantaan. Näin ollen standardin mukaan näiden laitteiden häiriönsietokyky saa olla matalampi, mikäli voidaan olettaa, että niitä käytetään pientaajuisissa ympäristöissä.

E.1.2 Ferromagneettisten esineiden aiheuttamat sinkoutumisriskit staattisissa magneettikentissä

Voimakkaissa staattisissa magneettikentissä ferromagneettisiin esineisiin saattaa kohdistua voimakkaita vetovoimia, joiden seurauksena esine saattaa alkaa liikkua. Sopivissa olosuhteissa tämä liike voi synnyttää sinkoutumisriskin. Liikkumisriski riippuu monista tekijöistä, muun muassa magneettikentän gradientista, esineen massasta ja muodosta sekä sen valmistusmateriaalista.

EMF-direktiivissä säädetään 3 mT:n suuruisesta toimenpidetasosta, jolla ehkäistään ferromagneettisten esineiden sinkoutumisriskiä voimakkaiden staattisten magneettikenttien (> 100 mT) reuna-alueilla.

E.1.3 Sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden (sytyttimien) laukeaminen

Sopivissa olosuhteissa sähkömagneettisten kenttien tiedetään voivan aiheuttaa sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden (sytyttimien) laukeamisen. Tällaisen vaikutuksen esiintyminen edellyttää sitä, että työpaikalla on sähköisesti ohjattavia räjähtäviä laitteita

ja kenttiä, jotka ovat riittävän voimakkaita kyseisten laitteiden laukaisemiseen. Näin ollen kyseiset vaikutukset ovat epätodennäköisiä valtaosassa työpaikoista, mutta tiettyjen työnantajien on esimerkiksi puolustusteollisuudessa otettava ne huomioon.

Sähköisesti ohjattavista räjähtävistä laitteista voi aiheutua riskejä myös olosuhteissa, joihin ei liity voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä, joten niiden säilytys ja käyttö on yleensä tiukasti valvottua, ja niiden lähellä suoritettavia toimintoja, muiden muassa sähkömagneettisten kenttien tuottamista, rajoitetaan.

Eurooppalaisessa teknisessä raportissa (CLC/TR 50426) annetaan ohjeita siitä, miten siltajohdinlangallisten laitteiden laukeamisriskiä voidaan arvioida. Raportissa esitetään menetelmiä, joilla voidaan arvioida riskiä, että kentästä irtoaa niin paljon energiaa, että se riittää laukaisemaan laitteen.

Toinen eurooppalainen tekninen raportti, jonka tiedoista voi tässä yhteydessä olla hyötyä, on raportti CLC/TR 50404, jossa annetaan ohjeita riskien arvioinnista ja toimenpiteistä, joilla voidaan välttää räjähtävien aineiden laukeaminen staattisen sähkön vaikutuksesta.

E.1.4 Syttyvien kaasujen syttymisestä aiheutuvat tulipalot ja räjähdykset

Tiedetään, että sähkömagneettisten kenttien ja esineiden välisestä vuorovaikutuksesta voi syntyä kipinäpurkauksia, jotka pystyvät syttymään syttyviä kaasuja. Tämän vaikutuksen esiintyminen edellyttää sitä, että ympäristössä on syttyviä kaasuja ja niin voimakkaita kenttiä, että ne pystyvät syttymään nämä kaasut. Näin ollen näiden vaikutusten esiintyminen on epätodennäköistä suurimmassa osassa työpaikoista, mutta tietyillä aloilla työnantajien on otettava ne huomioon.

Syttyvien kaasujen syttymisriski voi aiheutua monista eri lähteistä, ja siksi yleinen lähestymistapa onkin yksilöidä alueet, joilla tällaisia kaasuja saattaa esiintyä, ja rajoittaa kyseisillä alueilla suoritettavia toimintoja. Näihin rajoituksiin sisältyy yleensä rajoituksia, jotka koskevat sähkömagneettisten kenttien tuottamista asianomaisilla alueilla.

Eurooppalaisessa teknisessä raportissa (CLC/TR 50427) annetaan ohjeita siitä, miten tulisi arvioida riskiä, että syttyviä kaasuja sytty tahattomasti radiotaajuisten sähkömagneettisten kenttien vaikutuksesta. Raportissa esitetään menetelmiä, joilla voidaan arvioida energiamäärää, joka kentästä on irrotettavissa, ja verrata sitä energiamäärään, joka tarvitaan erityyppisten syttyvien aineiden syttymiseen.

Toinen eurooppalainen tekninen raportti, jonka tiedoista voi tässä yhteydessä olla hyötyä, on raportti CLC/TR 50404, jossa annetaan ohjeita riskien arvioinnista ja toimenpiteistä, joilla vältetään syttyvien kaasujen syttymisen staattisen sähkön vaikutuksesta.

E.1.5 Kosketusvirrat

Kosketus henkilön ja sähkömagneettisessa kentässä olevan sähköä johtavan esineen välillä tilanteessa, jossa toinen näistä on maadoitettu ja toinen ei ole, voi synnyttää virran, joka kulkee kosketuskohdan kautta maahan. Tästä voi seurata sähköisku ja palovammoja.

EMF-direktiivissä määritellään kosketusvirroille toimenpidetasot, joiden on tarkoitus estää kivuliaat sähköiskut. Esinettä koskettava henkilö saattaa kuitenkin havaita vuorovaikutuksen silloinkin, kun kosketusvirrat jäävät toimenpidetasojen alapuolelle. Tästä ei aiheudu vahinkoa, mutta vaikutukset voivat olla kiusallisia. Vaikutukset voidaan minimoida noudattamalla jaksossa 9.4.8 annettuja neuvoja.

E.1.6 Määrittelemättömät epäsuorat vaikutukset

Huomiota olisi kiinnitettävä myös mahdollisiin muihin epäsuoriin vaikutuksiin. Huomioon otettavia vuorovaikutuksia ovat seuraavat:

- kenttien ja työympäristön suojausten tai metallikappaleiden välinen vuorovaikutus, josta aiheutuu lämpenemistä ja lämpövaaroja

- kenttien ja työpaikan elektroniikan ja ohjausjärjestelmien välinen vuorovaikutus, josta aiheutuu häiriöitä ja vikoja
- kenttien ja keholla pidettävien tai kehon lähellä kannettavien metalliesineiden tai -komponenttien välinen vuorovaikutus
- kenttien ja keholla pidettävien tai kehon lähellä kannettavien sähkökomponenttien tai -laitteiden välinen vuorovaikutus

E.2 Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

EMF-direktiivissä yksilöidään neljä työntekijäryhmää, jotka voivat olla erityisen alttiita työpaikan sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Ryhmät ovat seuraavat:

- työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita
- työntekijät, joilla on passiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita
- työntekijät, joilla on keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita
- raskaana olevat työntekijät.

Työnantajien pitäisi tämän lisäksi varautua sellaiseen mahdollisuuteen, että vielä määrittelemättömiin työntekijäryhmiin saattaa kohdistua erityisiä riskejä (ks. jakso E2.5).

Direktiivissä määritellyt toimenpidetasot ja altistumisen raja-arvot eivät välttämättä anna näille työntekijöille riittävää suojaa. Mikäli työnantajat tunnistavat sellaisia riskejä, joita saattaisi mahdollisesti kohdistua asianomaisiin työntekijäryhmiin, tästä on annettava tietoa henkilöstölle annettavassa perehdytyskoulutuksessa ja vierailijoille tarjottavassa tiedotuksessa. Näissä tiedoissa asianomaisia työntekijöitä tulisi kehottaa kertomaan asiasta esimiehilleen, jotta kyseisestä riskistä voidaan toteuttaa erityinen arviointi.

E.2.1 Työntekijät, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita

E.2.1.1 Tausta

On olemassa monia aktiivisia laitteita, joita voidaan implantoida ihmisiin lääkinnällisissä tarkoituksissa. Näitä ovat seuraavat:

- sydämentahdistimet
- kammiovärinänpoistajat
- kuulosimpukkaimplantit
- aivorunkoimplantit
- aivorunkoimplantit
- neurostimulaattorit
- lääkepumput
- verkkokalvoistutteen.

Yleensä laitteet, jotka on kytketty potilaaseen johdoilla havainnointia tai stimulointia varten, ovat yleensä muita laitteita herkempiä häiriöille. Tämä johtuu siitä, että johdot voivat muodostaa silmukan, joka voi kytkeytyä sähkömagneettiseen kenttään. Kuitenkin myös johdollisten laitteiden herkkyys voi vaihdella niiden toimintojen ja niihin liittyvien järjestelyjen mukaan. Laitteet, jotka on tarkoitettu kehon sisäisten neurofysiologisten signaalien aistimiseen, ovat todennäköisesti herkempiä häiriöille, sillä ne on suunniteltu havaitsemaan herkästi johtojen pienetkin jännitteenmuutokset. Vuorovaikutus kenttien kanssa voi helposti synnyttää tällaisia jännitteenmuutoksia, mutta induoituvan jännitteen voimakkuus riippuu

johtojen pituudesta, tyypistä ja sijainnista kehossa. Tavallisesti laitteet, joissa on yksi johto, josta saattaa muodostua suuri efektiivinen silmukka, kytkeytyvät kenttään voimakkaasti, kun taas kaksinapaiset laitteet eivät yleensä ole yhtä herkkiä, sillä niiden muodostamat efektiiviset silmukat ovat paljon pienempiä.

Sydämentahdistimissa on yleensä kielikytkin (tietyyntyyppinen magneettikytkin), joka voi aktivoitua voimakkaiden magneettikenttien vaikutuksesta ja kytkeytyä valmiustilasta tahdistustilaan. Eräät aktiiviset implantoituvat lääkinälliset laitteet on suunniteltu ohjelmointia varten niin, että ne kykenevät havaitsemaan radiotaajuus- tai induktiokytkettyjä signaaleja, kun taas kuulosimpukkaimplanteissa induktiokytkentää saatetaan käyttää osana niiden normaalia toimintaa. Kaikki nämä laitteet on suunniteltu siten, että ne ovat herkkiä ulkoisille kentille, ja näin ollen ne ovat tietyissä kentissä alttiita häiriöille.

Kaikkien Euroopan unionin alueella markkinoille saatettavien aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden on täytynyt täyttää 1. tammikuuta 1995 jälkeen aktiivisista implantoitavista lääkinällisistä laitteista annetun direktiivin (90/385/ETY muutettuna) olennaiset vaatimukset. Näihin sisältyy vaatimus, jonka mukaan laitteet on suunniteltava ja valmistettava siten, että vältetään tai minimoidaan kohtuullisesti ennakoitavissa oleviin ympäristöolosuhteisiin, kuten magneettikenttiin, ulkoisiin sähköisiin vaikutuksiin ja sähköstaattiseen purkaukseen, liittyvät vaarat.

Käytännössä valmistajat täyttävät aktiivisista implantoitavista lääkinällisistä laitteista annetun direktiivin olennaiset vaatimukset silloin, kun he valmistavat tuotteensa asianmukaisen yhdenmukaistetun standardin mukaisesti. Asianomaisiin yhdenmukaistettuihin standardeihin kuuluvat standardi EN45502-1 ja erityisstandardien sarja EN45502-2-X. Näiden standardien häiriönsietovaatimukset perustuvat neuvoston suosituksessa 1999/519/EY asetettuihin viitearvoihin, mutta niihin ei sisälly radiotaajuuskenttien ajallisen keskiarvon laskentaa, ja niissä oletetaan, että laite implantoitetaan hyvän hoitokäytännön mukaisesti.

E.2.1.2 Arviointiohjeet

Peruslähestymistapa

Ensi vaiheessa on pohdittava, mitä laitteita ja toimintoja työpaikalla on ja onko työpaikalla työntekijöitä, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinällisiä laitteita. On huomattava, että kaikki työntekijät eivät ilmoita omalle työnantajalleen, että heillä on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite, ja on olemassa näyttöä, jonka mukaan jopa 50 prosenttia työntekijöistä saattaisi kieltäytyä paljastamasta tällaista tietoa, koska työntekijät pelkäävät sen vaikuttavan heidän työsuhteeseensa. Työnantajan tulee ottaa tämä vastahakoisuus huomioon tietoja kerätessään.

Jos työpaikalla on vain sellaisia laitteita ja toimintoja, jotka luetellaan taulukon 3.2 sarakkeessa 1, lisätoimia ei tavallisesti tarvita, paitsi silloin, kun työntekijällä on poikkeuksellisen herkkä aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite (ks. jäljempänä).

Jos aktiivisia implantoituja lääkinällisiä laitteita käyttäviä työntekijöitä ei selvityksissä ilmene, lisätoimet eivät yleensä ole tarpeen, mutta työnantajien tulee tästä huolimatta varautua siihen, että uusilla työntekijöillä tai vierailijoilla voi olla tällaisia laitteita tai että nykyisille työntekijöille saatetaan asentaa niitä.

Jos aktiivisia implantoituja lääkinällisiä laitteita käyttäviä työntekijöitä havaitaan, työnantajan tulee kerätä laitteesta (laitteista) mahdollisimman paljon tietoja. Työntekijän tulisi osallistua tähän prosessiin, ja tarvittaessa apua olisi pyydettävä työterveyslääkäriltä ja/tai työntekijän hoidosta vastaavalta lääkäriltä.

Jos työntekijän laite on vanha tai työntekijälle on annettu erityisvaroituksia siitä, että hänen aktiivinen implantoitu lääkinällinen laitteensa on asennettu siten, että se on poikkeuksellinen herkkä, erityisarvioinnin suorittaminen on välttämätöntä. Arvioinnin olisi perustuttava laitteen tiedettyihin ominaispiirteisiin.

Useimmissa muissa tilanteissa on yleensä mahdollista toteuttaa yleinen arviointi jäljempänä kuvatulla tavalla. Jos arvioinnista ilmenee, että työntekijän tavanomaiset työtoiminnot voivat aiheuttaa vaaratilanteen, yksinkertaisin ratkaisu on yleensä se, että työpisteeseen tai työtoimintoihin tehdään muutoksia. Jos tämä on hankalaa, työnantaja saattaa haluta toteuttaa erityisarvioinnin.

Vanhat aktiiviset implantoituvat lääkinälliset laitteet

Vanhoilla aktiivisilla implanteilla, jotka on valmistettu ennen 1. tammikuuta 1995, ei välttämättä ole samanlaista sähkömagneettisista kentistä aiheutuvien häiriöiden sietokykyä kuin nykyaikaisilla laitteilla. Sitä, kuinka monia tällaisia vanhoja laitteita on yhä käytössä, ei tiedetä tarkasti. Aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden akuilla on rajallinen elinkaari, ja koko laite tai joitain sen osia voidaan vaihtaa yhdessä akkujen kanssa. Esimerkiksi sydämentahdistimissa normaalikäytäntönä on vaihtaa koko pulssigeneraattori akkuineen mutta jättää muut osat, kuten johdot, yleensä kuitenkin paikoilleen. Implanteista suurin osa on yhä sydämentahdistimia, ja ennen vuotta 1995 niiden osuus implanteista oli nykyistäkin suurempi. Staattisilla alle 0,5 mT:n magneettikentillä, pientaajuisilla 2 kV/m:n sähkökentillä ja pientaajuisilla alle 20 µT:n magneettikentillä ei todennäköisesti ollut vaikutusta näihin vanhoihin sydämentahdistimiin.

Erityiset varoitukset

Kaikki potilaat, joille asennetaan aktiivinen implantoitava lääkinällinen laite, saavat yleisiä varoituksia siitä, että heidän tulee välttää tilanteita, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä. Näitä varoituksia tulisi noudattaa, mutta niillä ei ole vaikutusta riskien arviointiin silloin, kun sovelletaan jäljempänä esitettävää yleistä arviointia. Silloin tällöin aktiivisia implantoitavia lääkinällisiä laitteita implantoidaan kuitenkin lääkinällisistä syistä epätyypillisiin kokoonpanoihin taikka niissä käytetään epätyypillisiä asetuksia, ja tällöin erityiset varoitukset voivat olla tarpeen. Tämä voi perustua myös potilaan kliiniseen tilaan. Silloin, kun tällaisia erityisiä varoituksia saadaan, on välttämätöntä suorittaa riskin erityinen arviointi.

Yleinen arviointi

Yleisessä arvioinnissa noudatetaan standardissa EN50527-1 määriteltyä menetelmää, ja arviointi perustuu aktiivisia implantoitavia lääkinällisiä laitteita koskevien yhdenmukaistettujen standardien häiriönsieto vaatimuksiin. Näin ollen häiriöitä ei pitäisi esiintyä, mikäli kentät, lukuun ottamatta staattisia magneettikenttiä, eivät ylitä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY annettujen viitearvojen välittömiä arvoja. Staattisilla magneettikentillä, joiden voimakkuus on alle 0,5 mT, ei myöskään pitäisi olla vaikutusta aktiivisten implantoitavien lääkinällisten laitteiden toimintaan.

Erityinen arviointi

Tietyissä tilanteissa voi olla tarpeen suorittaa erityinen arviointi. Tämä on todennäköisesti tarpeellista seuraavissa tilanteissa:

- kun työntekijällä on vanha aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite (ks. edellä)
- kun työntekijälle on annettu erityisiä varoituksia
- työpisteeseen tai työtoimintoihin on hankalaa tehdä muutoksia, joilla varmistettaisiin, että altistuminen ei ylitä neuvoston suosituksen 1999/519/EY viitearvoja.

Lisätietoja erityisistä arvioinneista annetaan standardin EN50527 1 liitteessä A. Lisäohjeita on myös saatavissa Saksan tapaturmavakuutuslaitoksen asiakirjasta BGI/GUV-I 5111.

E.2.2 Työntekijät, joilla on passiivisia implantoituvia lääkinällisiä laitteita

Monet lääkinälliset implantit voivat olla metallisia. Tällaisia implantteja ovat muun muassa keino nivelet, niitit, levyt, ruuvit, kirurgiset puristimet, aneurysmapuristimet, stentit, sydänläppäproteesit, anuloplastiarenkaat, ehkäisyimplantit, aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden kotelot ja hammaspaikat.

Mikäli tällaisten laitteiden valmistuksessa on käytetty ferromagneettisia aineita, niihin voi kohdistua erilaisia vääntömomentteja ja voimia voimakkaiden staattisten magneettikenttien vaikutuksesta. Tähän mennessä saadun näytön perusteella staattisen magneettivuon tiheyksillä, jotka ovat enintään 0,5 mT, ei ole niin suuria vaikutuksia, että niistä aiheutuisi terveysvaaroja (ICNIRP, 2009). Tämä näkemys on yhdenmukainen sen EMF-direktiivissä määritellyn toimenpidetason kanssa, jolla pyritään ehkäisemään aktiivisten implantoitujen lääkinällisten laitteiden häiriöitä staattisissa magneettikentissä.

Ajallisesti vaihtelevissa kentissä metalliset implantit voivat aiheuttaa häiriöitä kehoon indusoituneessa sähkökentässä, minkä seurauksena kehoon muodostuu paikallisia voimakkaiden kenttien alueita. Lisäksi metalliset implantit saattavat lämmentä induktiivisesti ja aiheuttaa tällä tavoin lämpenemistä ja siitä johtuvia lämpövaurioita ympäröivissä kudoksissa. Lopulta tämä saattaa johtaa implantin vioittumiseen.

Saatavilla on hyvin vähän tietoja, joiden perusteella passiivisia implanteja käyttäviin henkilöihin kohdistuvia riskejä voitaisiin arvioida. Yksi huomioon otettava seikka liittyy sähkömagneettisten kenttien taajuuteen: kentän kehoon tunkeutumisen syvyys vähenee taajuuden kasvaessa, joten on mahdollista, että suurtaajuuskenttien ja useimpien kudossmassan ympäröimien implanttien välinen vuorovaikutus on hyvin vähäistä tai täysin olematonta.

Se, onko induktiivinen lämpeneminen niin voimakasta, että se aiheuttaa lämpövaurioita ympäröiville kudoksille, riippuu siitä, onko kentästä saatavilla riittävästi energiaa. Tähän vaikuttavat implantin mittasuhteet ja massa sekä vaikuttavan kentän voimakkuus ja taajuus. Neuvoston suosituksen 1999/519/EY noudattaminen antaa kuitenkin yleensä riittävän suojan, ja tietyissä olosuhteissa voimakkaat kentät saattavat olla perusteltuja.

E.2.3 Työntekijät, joilla on keholla mukana kannettavia lääkinnällisiä laitteita

Keholla mukana kannettavat lääkinnälliset laitteet kuuluvat lääkinnällisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY muutettuna) soveltamisalaan. Näin ollen arvioinnissa huomioon otettavat näkökohdat ovat – mikäli muita tietoja ei ole saatavilla – samat kuin ne, jotka koskevat muiden lääkinnällisten sähkölaitteiden häiriönsietoa. Näitä käsitellään jaksossa E1.1.

Tavallisesti ei kuitenkaan ole syytä olettaa, että keholla mukana kannettavat laitteet olisivat aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita herkempiä, ja laitteet, joita ei ole suunniteltu fysiologisten parametrien havainnointiin, saattavat olla vähemmän herkkiä kuin tietyt aktiiviset implantoidut lääkinnälliset laitteet. Näin ollen on aina suositeltavaa ottaa yhteyttä valmistajaan ja pyytää tältä tietoja laitteen häiriönsietokyvystä.

E.2.4 Raskaana olevat työntekijät

Odottavien äitien altistumisesta pientaajuisille magneettikentille on eräiden tietojen mukaan aiheutunut haitallisia vaikutuksia. Kuitenkin kaiken kaikkiaan näyttöä tällaisten vaikutusten ja pientaajuisille kentille altistumisen välisestä yhteydestä pidetään erittäin heikkona (ICNIRP 2010). Asiantuntijaryhmä on tosin katsonut, että sikiön kehittyvä hermojärjestelmä voi olla herkkä indusoituville ajallisesti vaihteleville sähkökentille (NRPB, 2004). Sama ryhmä päätteli, että indusoituvien sähkökenttien voimakkuuksien rajoittaminen likimain voimakkuuteen 20 mV/m antaisi todennäköisesti riittävän suojan sikiön kehittyvälle hermojärjestelmälle. Laskelmien mukaan tämä taso voitaisiin saavuttaa noudattamalla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY pientaajuuskentille asetettuja viitearvoja.

Odottavan äidin ruumiinlämmön kohoamisen haitallisista vaikutuksista sikiön terveyteen – ja erityisesti keskushermostoon – on saatu vakuuttavaa näyttöä. On päätelty, että mikäli raskaana olevien naisten koko kehon keskimääräinen SAR rajattaisiin arvoon 0,1 W/kg, tällä pitäisi voida taata riittävä suoja (NRPB, 2004). Tämä raja on samankaltainen kuin neuvoston suosituksessa 1999/519/EY, jossa radiotaajuusaltistuksen perusrajoitukseksi asetetaan 0,08 W/kg.

Näin ollen käytännönläheinen lähestymistapa olisi useimmilla työnantajilla se, että raskaana olevien naisten altistumisia rajoitettaisiin neuvoston suosituksen 1999/519/EY sisältämien viitearvojen mukaan. Näin työntekijöille pitäisi voida taata riittävä suoja sekä pienillä että suurilla taajuuksilla.

E.2.5 Vielä määrittelemättömät työntekijäryhmät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille

Työnantajien tulee olla tietoisia siitä, että työpaikalla voi olla sellaisia vielä toistaiseksi määrittelemättömiä työntekijäryhmiä, jotka saattavat olla erityisen alttiita riskeille. Tällaisiin ryhmiin voivat kuulua esimerkiksi työntekijät, joilla on tietty lääkitys diagnosoitun sairauden hoitoon.

LIITE F

MAGNEETTIRESONANSSIKUVAUSTA KOSKEVAT OHJEET

Magneettiresonanssikuvaus (MRI) on tärkeä tekniikka lääketieteessä. Se on nykyään keskeinen menetelmä sairauksien diagnosoinnissa ja hoidossa ja arvokas työkalu lääketieteellisessä tutkimuksessa. Tätä tekniikkaa käytetään yleisesti joka puolella Euroopan unionia, ja vuosittain sitä käytävillä laitteilla suoritetaan kymmeniä miljoonia kuvauksia, joissa potilaat taikka vapaaehtoiset altistetaan tarkoituksellisesti voimakkaille sähkömagneettisille kentille yksityiskohtaisten kuvien tuottamiseksi muun muassa aivojen aineenvaihdunnan ja toiminnan kartoittamista varten. MRI täydentää muita kuvantamistekniikoita, kuten tietokonetomografiaa, mutta niihin verrattuna MRI-tekniikalla on tiettyjä etuja: siihen ei liity altistumista ionisoivalle säteilylle, eikä sillä tiedetä olevan pitkäaikaisia terveysvaikutuksia.

Potilaiden ja vapaaehtoisten altistuminen sähkömagneettiselle kentälle kuvauslaitteen sisällä ei kuulu EMF-direktiivin soveltamisalaan. Sähkömagneettisen kentän jakautuminen kuvauslaitteen sisällä riippuu ensi sijassa kuvauksen tehokkuuteen ja kuvan laatuun liittyvistä seikoista. Lisäksi valmistajat pyrkivät minimoimaan hajakenttiä kuvauslaitteen ulkopuolella ja näin vähentämään laitteen ympärillä työskentelevän henkilöstön altistumisia. Staattiset magneettikentät saattavat ylittää epäsuoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot (ks. luku 6). Tämän lisäksi työntekijät voivat tietyissä olosuhteissa altistua kentille, jotka ylittävät myös altistumisen raja-arvon (ks. taulukko F1). Altistumisen raja-arvoihin sisältyy kuitenkin turvamarginaali, eli vaikka altistus ylittäisi altistumisen raja-arvon, se ei välttämättä aiheuta työntekijöissä vaikutuksia. Potilaiden ja vapaaehtoisten säännönmukaista altistamista hyvin voimakkaille kentille magneettiresonanssikuvauslaitteen sisällä pidetään turvallisenä (ICNIRP 2004, 2009).

Magneettiresonanssikuvausarvo terveydenhuollon keskeisenä tekniikkana on hyvin tiedossa, ja EMF-direktiivin 10 artiklassa myönnetään ehdollinen poikkeus, jonka nojalla tekniikan käytössä altistumisen raja-arvojen noudattamista ei vaadita. Näiden ohjeiden laadinnassa on kuultu magneettiresonanssikuvausalan liittyviä sidosryhmiä, jotta työnantajille kyettäisiin antamaan käytännön ohjeita siitä, miten asianomaiset ehdot voidaan täyttää, mikäli se on tarpeen. Magneettiresonanssikuvauspalveluita tarjoavien terveydenhuolto- ja palveluiden tarjoajien käytettävissä on radiografian, radiologian ja lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoita, joita kaikkia olisi kuultava ehtojen täyttämiseksi. Valmistajilla ja tutkimuslaitoksilla on vastaavia asiantuntijoita, joita heidän olisi vastaavasti kuultava.

F.1 MRI-laitteiden suunnittelu ja rakentaminen

Magneettiresonanssikuvauslaitteet on suunniteltu tuottamaan laitteen sisään monimutkainen sähkömagneettinen ympäristö, joka koostuu kolmesta pääkomponentista. Nämä komponentit ovat seuraavat:

- staattiset magneettikentät – valtaosa kliinisessä käytössä olevista järjestelmistä toimii magneettivuon tiheydellä 1,5 tai 3 T, joskin toimenpiteissä usein käytettävät avoimet järjestelmät toimivat yleensä matalammilla tiheyksillä (0,2–1 T). Tämän lisäksi on olemassa pieni joukko hyvin voimakkaita kuvauslaitteita, jotka toimivat enimmillään tiheydellä 9,4 T ja joita käytetään pääasiassa tutkimustarkoituksiin
- pientaajuiset kytkettävät gradienttimagneettikentät – kuvauslaitteissa hyödynnetään kolmea keskenään kohtisuorassa olevaa gradienttikenttää, joita kytketään nopeasti päälle ja pois päältä sijaintitietojen tuottamiseksi mitatuista MR-signaaleista. Kyse on monimutkaisista pulssimuotoisista aaltomuodoista, jotka vaihtelevat suoritettavan kuvauksen tyyppiin mukaan. Pulssimuotoiset aaltomuodot sijoittuvat taajuusalueelle 0,5–5 kHz
- radiotaajuuskentät, joita käytetään Larmor-taajuudella, joka riippuu laitteen staattisen magneettivuon tiheydestä (1,5 T:n kuvauslaitteissa taajuus on 62–64 MHz, ja 3 T:n kuvauslaitteissa taajuus on 123–128 MHz).

Taulukko F1 Työntekijöiden MRI-laitteille altistumisten vertailua raja-arvoihin nähden ja altistumisista aiheutuvia vaikutuksia

Esimerkkejä työntekijöiden altistumisista	Raja-arvot	Raportoituja vaikutuksia
Staattinen magneettikenttä		
1,0 T, 1,5 T, 3,0 T, 7,0 T	2 T, 8 T	Huimausta ilman liikettä
< 2 m/s vastaa arvoa < 3 T/s 0,3 V/m (pk) aivoissa tai 2 V/m (pk) kehossa	0,05 V/m (RMS) (aistimusraja-arvo) 0,08 V/m (RMS) (terveysvaikutusraja-arvo)	Huimaus ja pahoinvointi
Kytkevät gradienttikentät		
100–1 500 Hz Tätä rajoittavat potilaan ääreishermostojen stimulaatiota koskevat arvot, jotka vastaavat arvioituja dB/dt-arvoja ja indusoitujen E-kenttien RMS-arvoja aivoissa ja vartalossa Tavanomaisissa potilaan sijaintikohdissa < 40 T/s (RMS) = 4 V/m aivoissa < 40 T/s (RMS) = 8 V/m vartalossa Toimenpidehenkilöstön sijaintikohdat pahimmassa tapauksessa < 120 T/s (pk) = 8 V/m aivoissa < 40 T/s (pk) = 2 V/m vartalossa	0,8 V/m (RMS)	Pistelyn tunnetta, kipua tai lihassupistuksia, jos ääreishermostojen stimulaatiota koskevat asetusarvot ylitetään. MRI-laitteita käyttävät työntekijät eivät ole koskaan raportoineet keskushermostoon liittyvistä vaikutuksista, tiedossa olevat raportit koskevat transkraniaalista magneettistimulaattoria (TMS) arvoilla > 500 T/s tai > 50–100 V/m
Radiotaajuuskentät		
42, 64, 128, 300 MHz Koko kehon SAR rajoittuu arvoon < 4 W/kg isosentrissä < 0,4 W/kg puolittain laitteen sisällä < 0,1 W/kg laitteen suuaukossa	0,4 W/kg	Lämpöaistimuksia ja hikoilua, kun altistumat ovat > 2 W/kg

* Tiedot ovat COCIRin toimittamia – lisätietoja työntekijöiden altistumisista: Stam (2014).

Kaikkien magneettiresonanssikuvauslaitteiden, jotka on tarkoitettu potilaiden diagnosointiin ja/tai hoitoon ja jotka on saatettu markkinoille tai otettu käyttöön Euroopan unionissa 30. kesäkuuta 2001 jälkeen, on täytynyt täyttää lääkinnällisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY) *olennaiset vaatimukset*, joihin kuuluu yleinen vaatimus siitä, että laitteet eivät saa vaarantaa käyttäjien tai (mikäli asianmukaista) muiden henkilöiden turvallisuutta ja terveyttä. Valmistajilta edellytetään, että he valitsevat laitteisiinsa huipputekniikkaa edustavia suunnittelu- ja rakenteellisia ratkaisuja, joilla voidaan poistaa tai vähentää riskejä mahdollisimman paljon. Auttaakseen valmistajia noudattamaan asianomaisia olennaisia vaatimuksia Euroopan sähkötekniikan standardointikomitea (Cenelec) on Euroopan komission valtuuttamana julkaissut lääketieteelliseen diagnosointiin tarkoitettuja magneettiresonanssilaitteita koskevan tuotestandardin (EN60601-2-33).

Standardin EN60601-2-33 nykyiseen versioon sisältyy vaatimus siitä, että valmistajien tulee antaa tietoja kenttien spatiaalisesta jakautumisesta. Nämä tiedot sisällytetään tavallisesti kuvauslaitteiden käyttöoppaisiin. Kyseisiä tietoja on saatavilla kaikista magneettiresonanssijärjestelmistä, ja niiden pitäisi auttaa työnantajia yksilöimään ne alueet, joilla altistumisen raja-arvot voivat ylittyä. Tämän lisäksi kuvauslaitteiden on ilmoitettava tiedot gradienttikentän antotehosta ja radiotaajuuskentän ominaisabsorptionopeudesta (SAR) ennen kuvauksen alkua. Kuvauslaitteisiin tulee myös sisältyä suojaelementtejä, joilla asianomaisia henkilöitä voidaan suojata liiallisilta altistumisilta. Tässä kappaleessa tarkoitettavat vaatimukset eivät välttämättä päde tekniikaltaan vanhoissa ns. perityissä laitteissa.

F.2 Terveydenhuollon työntekijöiden altistuminen MRI-laitteiden käytön aikana

MRI-laitteet on suunniteltu niin, että ne tuottavat voimakkaita mutta tarkoin valvottuja kenttiä kuvauslaitteen sisäosaan ja samalla minimoivat hajakenttiä laitteen peittoalueen ulkopuolella. Näin ollen kenttien voimakkuus heikkenee nopeasti, kun etäisyys laitteen suuaukosta kasvaa, tyypillisesti niin, että lähellä kuvauslaitetta on suuria spatiaalisia kenttägradientteja ja etäimmällä paljon heikompia kenttiä. Saatavilla olevan näytön perusteella altistumiset ylittävät altistumisen raja-arvot vain silloin, kun henkilö työskentelee kuvauslaitteen sisällä tai suuaukon välittömässä läheisyydessä.

Niiden työntekijöiden altistukset, joiden ei tarvitse lähestyä kuvauslaitteen suuaukkoa, pysyvät aina vaatimustenmukaisissa rajoissa, joten heitä ei tarvitse arvioida. Niiden työntekijöiden kohdalla, joiden täytyy lähestyä laitteen suuaukkoa tai mennä laitteen sisään, altistumisen arviointi on monimutkaista. Arviointi edellyttää tarkkoja tietoja siitä, miten kentät jakautuvat spatiaalisesti laitteen sisä- ja ulkopuolella, ja käsitystä siitä, miten työntekijät liikkuvat kuvauslaitteeseen nähden töitä tehdessään, mikä taas riippuu suuresti siitä, mitä työtehtäviä he kulloinkin suorittavat. Lisäksi arviointien tulisi ihannetapauksessa perustua numeerisiin mallinnustekniikoihin, jotta altistumiset olisivat suoraan verrattavissa altistumisen raja-arvoihin. Useimmat MRI-toimenpiteitä säännöllisesti suorittavat laitokset eivät pysty toteuttamaan tällaisia arviointeja.

Tietojen saamiseksi siitä, millaisia altistumisia työntekijöille aiheutuu eräistä yleisistä toimenpiteistä ja eri laitetyypeistä, Euroopan komissio rahoitti arvioinnin, joka toteutettiin neljässä magneettiresonanssilassa eri maissa. Tässä seikkaperäisessä hankkeessa arvioitiin henkilöstön liikkeitä ja sijaintipaikkoja eri toimenpiteiden aikana sekä kartoitettiin kenttiä ja hyödynnettiin laskennallista dosimetriaa (Capstick et al., 2008). Tämän ja aikaisempien hankkeiden (hankkeita arvioitu julkaisussa Stam, 2008) tulokset ovat informatiivisia, joskin niiden yksityiskohtaisiin päätelmiin on suhtauduttava varovasti. Tulokset liittyvät aiempaan EMF-direktiiviin, ja ne on saatu käyttämällä altistumisen mittauksessa eri periaatteita. Lisäksi tulokset perustuvat melko pieneen määrään kuvauslaitteita ja altistumiskenaarioita. Viimeaikaiset analyysit viittaavat siihen, että altistumisen raja-arvot voivat ylittyä tietyissä olosuhteissa (Stam, 2014; McRobbie, 2012).

Erytisen varovasti on suhtauduttava kytkettäviä gradienttikenttiä koskeviin mittaustuloksiin, sillä monissa tapauksissa nykyisen EMF-direktiivin toimenpidetasot eivät ole niin rajoittavia kuin toimenpidetasot, joita tarkastellaan aikaisemmissa altistumistutkimuksissa. Yleensä vertaaminen toimenpidetasoihin nähden johtaa konservatiivisempaan arvioon kuin vertaaminen altistumisen raja-arvoihin, joten altistumisen raja-arvojen käyttö on suositeltavaa mutta edellyttää yleensä monimutkaisen laskennallisen dosimetrian asiantuntemusta.

F.2.1 Altistumiset suhteessa altistumisen raja-arvoihin

F.2.1.1 Staattiset magneettikentät

Kaikissa pienen kentän kuvauslaitteissa (joissa magneettivuon tiheys on alle 2 T) sekä valtaosassa yli 2 T:n magneettivuon tiheydellä toimivien kuvauslaitteiden säännöllisistä toimenpiteistä altistumiset staattisille magneettikentille pysyvät aistimusraja-arvojen mukaisissa rajoissa. Kaikissa muissa toimenpiteissä, joissa käytetään enintään 8 T:n magneettivuon tiheydellä toimivia kuvauslaitteita, altistumiset staattisille magneettikentille pysyvät terveysvaikutusraja-arvojen mukaisissa rajoissa.

F.2.1.2 Liikkuminen staattisten magneettikenttien läpi

Liikkuminen MRI-laitteiden synnyttämien voimakkaiden staattisten magneettikenttien läpi indusoi kehon kudoksiin sähkökenttiä, joiden voimakkuus voi ylittää EMF-direktiivissä määritetyt altistumisen raja-arvot. Tavallisilla liikkumisnopeuksilla raja-arvot ylittyvät ainoastaan kuvauslaitteen sisällä ja lyhyen matkan päässä laitteen suuaukosta (käytettävissä olevien tietojen perusteella yleensä enintään 1 metrin päässä). Tällaiset tilanteet liittyvät erityisesti potilaan asetteluun, jonka yhteydessä laitteen käyttäjä voi joutua tekemään päällään monimutkaisia kiertoliikkeitä.

F.2.1.3 Kytkevät gradienttikentät

Useimmissa tavallisissa toimenpiteissä kytkettävien gradienttikenttien aiheuttamat altistumiset eivät ylitä aistimus- tai terveysvaikutusraja-arvoja. Kuitenkin on olemassa pieni joukko toimenpiteitä, joissa työntekijöiden tulee lähestyä kuvauslaitteen suuaukkoa (yleensä alle 1 metrin päähän), ja näissä toimenpiteissä altistumisen raja-arvot saattavat ylittyä. Lisäksi on olemassa erittäin pieni joukko toimenpiteitä, joissa altistumisen raja-arvot ylittyvät hyvin todennäköisesti, varsinkin jos työntekijä joutuu kumartumaan kuvauslaitteen sisään. Tosiiasialliset altistumiset riippuvat useista tekijöistä, muun muassa samanaikaisesti aktiivisten gradienttien lukumäärästä ja gradienttien ominaisuuksista. Hyvin suuri kuvausnopeus synnyttää yleensä suurempia altistumisia. Taulukossa F2 havainnollistetaan kuhunkin luokkaan kuuluvia toimenpiteitä.

F.2.1.4 Radiotaajuuskentät

Radiotaajuuksia koskevat altistumisen raja-arvot perustuvat kuuden minuutin jaksoa kohti laskettavaan ajalliseen keskiarvoon, ja altistumiset eivät yleensä ylitä raja-arvoja silloin, kun työntekijä joutuu kumartumaan kuvauslaitteeseen (esimerkiksi potilaan tarkkailemiseksi), mikäli tämä kestää vain muutamia minuutteja. Myös pidempiaikaiset altistumiset noudattavat usein raja-arvoja.

F.3 Magneettiresonanssikuvausta koskeva poikkeus

Magneettiresonanssikuvauksen arvo terveydenhuollon keskeisenä tekniikkana on hyvin tiedossa, ja EMF-direktiivin 10 artiklassa myönnetäänkin ei-harkinnanvarainen mutta ehdollinen poikkeus, jonka nojalla tämän tekniikan käytössä altistumisen raja-arvojen noudattamista ei edellytetä. Tätä poikkeusta sovelletaan työntekijöiden altistumisiin silloin, kun ne liittyvät magneettiresonanssikuvauslaitteiden asennukseen, testaukseen, käyttöön, kehittämiseen, huoltoon tai niihin liittyvään tutkimukseen, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät:

- (i) 4 artiklan mukaisesti suoritettussa riskinarvioinnissa on osoitettu, että altistumisen raja-arvot ylittyvät
- (ii) kaikkia viimeisimmän tekniikan mukaisia teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä on sovellettu
- (iii) altistumisen raja-arvojen ylittyminen on olosuhteiden johdosta asianmukaisesti perusteltua
- (iv) työpaikan, työvälineiden tai työkäytäntöjen ominaispiirteet on otettu huomioon
- (v) työnantaja osoittaa, että työntekijät on edelleen suojattu haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, myös varmistamalla, että noudatetaan niitä turvallista käyttöä koskevia ohjeita, jotka valmistaja on toimittanut lääkinnällisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY) mukaisesti.

Taulukko F2 Gradienttikentille altistumista koskevien asianomaisten altistumisen raja-arvojen ylittymisen riski erilaisten MRI-tutkimusten aikana

Altistumisen raja-arvon ylittymisriski	Toimenpide
Korkea	Ohjauslangan asettaminen (kun kuvaus on käynnissä) Interventiotekniikat, kuten interventionaalinen kardiovaskulaarinen MRI Toiminnallinen MRI (potilaan fyysinen stimulointi kuvauslaitteen sisällä) EEG-elektrodien säätäminen (tutkimustoiminta)
Keskimääräinen	Yleisanestesia (potilaan tiivis tarkkailu kuvauksen aikana) Rasitus-EKG (potilaan tiivis tarkkailu kuvauksen aikana) Puhdistus / infektioiden hallinta kuvauslaitteen sisällä (ei kuvausta) Lapsen rauhoittaminen kuvauksen aikana (rauhottaja pysyy kuvauslaitteen ulkopuolella mutta enintään 1 metrin päässä suuaukosta)
Matala	Rutiinikuvaukset (henkilöstöä ei ole kuvaushuoneessa) Koepalan otto (potilas ei ole kuvauslaitteessa / ei kuvausta) Varjoaineen annostelu käsin (ei kuvausta)

On huomattava, että poikkeusta sovelletaan yksinomaan altistumisen raja-arvoihin, joiden tarkoituksena on ehkäistä sähkömagneettisten kenttien suorita vaikutuksia ihmisiin. MRI-laitteiden käyttöön voi liittyä myös muita vaaratekijöitä, joista voi syntyä turvallisuusriskejä, joiden seuraukset voivat olla vakavia. Laitteiden käyttäjien tulisi varmistaa, että tällaisia vaaratekijöitä hallitaan asianmukaisesti. Tällaisia muita vaaratekijöitä voivat olla häiriöt seuraavissa laitteissa:

- aktiiviset tai passiiviset implantoidut lääkinnälliset laitteet
- keholla mukana kannettavat lääkinnälliset laitteet
- lääkinnälliset sähkölaitteet
- kosmeettiset tai lääkeimplantit

Muihin vaaratekijöihin kuuluvat myös seuraavat:

- ferromagneettisten aineiden liikkeen aiheuttama sinkoutumisriski voimakkaassa magneettikentässä
- melu
- nestemäinen helium.

F.4 Poikkeuksen ehtojen täyttäminen

Tässä jaksossa annetaan työnantajille ohjeita, joiden avulla he voivat arvioida, täyttävätkö he poikkeusta koskevat edellytykset.

F.4.1 Riskinarviointi altistumisen raja-arvojen ylittymisen määrittämiseksi

Luvussa 5 annetaan erityisiä ohjeita riskinarviointien toteuttamiseen EMF-direktiivin puitteissa. Magneettiresonanssikuvauslaitteissa käytetään voimakkaita kenttiä kuvien tuottamiseen, ja näin ollen on mahdollista, että niitä käytettäessä usein ylitetään altistumisen raja-arvoja. Yleensä kuitenkin sähkökenttien voimakkuudet ylittävät altistumisen raja-arvot vain kuvauslaitteen sisällä tai hyvin lähellä laitteen suuaukkoa (ks. jakso F1), ja valtaosa MRI-toimenpiteistä (arviolta noin 97 prosenttia) on sellaisia, ettei työntekijöiden tarvitse olla näissä sijaintikohdissa kuvauksen aikana.

Useimmat tavanomaisia MRI-toimenpiteitä suorittavat laitokset eivät todennäköisesti pysty suorittamaan näiden altistumisten arviointia, joten yleensä on hyväksyttävää käyttää julkaistuja tietoja sekä tietoja, joita kuvauslaitteiden järjestelmät antavat ennakkoidusta altistumisesta.

Riskinarvioinnissa on näin ollen keskeistä sen määrittäminen, joutuuko henkilöstö menemään niille alueille, joilla altistumisen raja-arvot saattavat ylittyä (eli yleensä 1 metrin etäisyydelle laitteen suuaukosta). Rutiinotoiminnan ja potilaan hoidon aikana laitteen käyttäjät käyvät näillä alueilla mutta eivät yleensä silloin, kun järjestelmä on kuvaamassa. Silloin, kun henkilöstön täytyy tulla 1 metrin päähän suuaukosta, hitaiden liikkeiden tulisi riittää pitämään liikkeiden indusoimat sähkökentät asianomaisten altistumisen raja-arvojen alapuolella. Taulukkoa F2 ja julkaistuja altistumistietoja (ks. jakso F2) tarkastelemalla työnantajan pitäisi voida päätellä, mitkä – jos mitkään – toimenpiteet voisivat aiheuttaa altistumisia, jotka ylittäisivät altistumisen raja-arvot kytkettävien gradienttikenttien osalta.

Henkilöstön tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää menemistä kuvauslaitteen sisään (ks. jakso F6.4). On kuitenkin syytä huomata, että silloin, kun henkilöstö joutuu menemään laitteen sisään suorittamaan toimintoja (esimerkiksi infektioiden hallintaan liittyviä toimia), kytkettävät gradienttikentät ja radiotaajuuskentät eivät ole toiminnassa, joten vain staattisesta magneettikentästä aiheutuvat altistumiset on otettava huomioon. Kuten jaksossa F2 todettiin, kuvauslaitteissa, joiden magneettivuon tiheys on enintään 8 T, terveysvaikutusraja-arvot eivät ylity. Aistimusraja-arvojen tilapäinen ylittyminen voidaan hyväksyä, mikäli työntekijöille annetaan asiasta tietoja ja toimenpiteillä pyritään ehkäisemään turvallisuusriskejä.

F.4.2 Viimeisimmän tekniikan mukaisten teknisten ja/tai organisatoristen toimenpiteiden soveltaminen

F.4.2.1 Tekniset toimenpiteet

Kuvauslaitteen suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä laitteeseen on jo sisällytetty teknisiä toimenpiteitä, joiden avulla laitteen sisäisiä kenttiä voidaan rajoittaa, ja lisäksi laitteen toimintatiloissa rajoitetaan ulosvirtauksia. Valmistajat kehittävät ja parantavat jatkuvasti laitteitaan, myös kenttien rajoittamiseen liittyviä toimenpiteitä, noudattaakseen lääkinnällisistä laitteista annetun direktiivin vaatimuksia. Vaatimusten seurauksena tekniset toimenpiteet, joita kuvauslaitteisiin sisällytetään valmistus- ja asennusvaiheessa, edustavat kunkin hetken viimeisintä tekniikkaa. Muutosten tekeminen MR-laitteisiin olisi asennuksen jälkeen teknisesti hankalaa ja edellyttäisi tavallisesti sitä, että niiden vaatimustenmukaisuutta arvioidaisiin uudelleen lääkinnällisistä laitteista annettuun direktiiviin nähden, eikä näitä laitteita käytävillä laitoksilla ole yleensä tällaiseen resurssiin.

Periaatteessa olisi mahdollista valita käyttöparametrit (kuten gradienttien ominaisuudet tai radiotaajuuskentän voimakkuus) siten, että altistumiset vähenisivät silloin, kun henkilöstön on oltava laitteen sisällä tai lähellä laitteen suuaukkoa. Kuitenkin käytännössä kuvauslaitteen käyttöparametrit valitaan ensi sijassa klinisen tarpeen perusteella, ja toimenpiteet, joissa henkilöstön on kumarruttava laitteeseen (kuten interventiotimenpiteet), edellyttävät usein suurta kuvausnopeutta, josta aiheutuu korkeita altistumisia. Näin ollen ei ole kovin todennäköistä, että altistumisia voitaisiin vähentää tällaisella menetelmällä, mutta silloin, kun tilanteessa on varaa joustaa, laitteen hoitajan olisi valittava hitaampi kuvaus matalammalla radiotaajuusaltistuksella, mikäli on syytä olettaa, että henkilöstö lähestyy kuvauslaitetta. Kuvauslaitteen asianmukaisten asetusten valinnan tulee kuitenkin viime kädessä riippua kliinisestä arviosta.

F.4.2.2 Organisatoriset toimenpiteet

MRI-laitteita käyttävien työnantajien tulisi noudattaa seuraavissa jaksoissa F5 ja F6 annettavia suosituksia.

F.4.3 Altistumisen raja-arvon ylittyminen on olosuhteiden johdosta asianmukaisesti perusteltua

Olosuhteet, joiden johdosta altistumisen raja-arvon ylittyminen on asianmukaisesti perusteltua, riippuvat kustakin käyttötarkoituksesta. Diagnosoinnissa ja hoidossa tiettyjen toimenpiteiden suorittamista koskeva vaatimus perustuu aina kliiniseen arvioon. Mikäli toimenpiteet edellyttävät työntekijöiden menemistä kaavioon (ks. jakso F5.3 jäljempänä) merkitylle alueelle laitteen suuaukon ympäristössä, työnantajan olisi kuultava asianomaisia terveydenhuollon ammattihenkilöitä sen selvittämiseksi, onko olemassa mitään muita hyväksyttäviä tapoja, joilla toivottu lopputulos voitaisiin saavuttaa, ottaen huomioon kliiniset tarpeet ja potilasturvallisuuden.

Valmistajien tulisi kiinnittää huomiota samankaltaisiin näkökohtiin organisoidessaan omaa työtään, ja erityisesti tarpeeseen varmistaa, että laitteet tuottavat kliiniseen käyttöön soveltuvia laadukkaita kuvia. Tutkimuslaitoksissa olisi noudatettava vastaavaa prosessia kuin hoitokontaktissa potilaan kanssa ja huomioitava tietojen laatu ja vapaaehtoisten turvallisuus.

F.4.4 Työpaikan, työvälineiden tai työkäytäntöjen ominaispiirteet

Työnantajien tulisi perehtyä edellä olevan jakson F1 sisältöön ja noudatettava jäljempänä olevien jaksoiden F5 ja F6 suosituksia.

F.4.5 Työntekijöiden suojeleminen ja turvallinen käyttö

Kuten jaksossa F1 todettiin, standardin EN60601-2-33 mukaisiin MRI-laitteisiin kuuluu suojaelementtejä, joilla henkilöitä voidaan suojata liiallisilta altistumisilta. Mikäli altistumisen raja-arvot ylittyvät, on kuitenkin olemassa riski, että työntekijöihin, jotka ovat herkempiä kentille, kohdistuu jonkinlaisia vaikutuksia. Tästä syystä on tärkeää, että työntekijöille, joiden täytyy mennä valvonta-alueelle (ks. jakso F5.1), annetaan tietoa altistumisen mahdollisista seurauksista, jotta he voivat tunnistaa tällaiset seuraukset, mikäli niitä ilmenee, ja ryhtyä toimenpiteisiin rajoittaakseen altistumistaan asianmukaisesti. Kaikki tällaiset tapahtumat olisi ilmoitettava yksikön esimiehelle tai vastuuhenkilölle, jonka tulee ryhtyä asianmukaisiin toimenpiteisiin.

Magneettiresonanssikuvauslaitteet ovat monimutkaisia ja hyvin teknisiä lääkinällisiä tai tutkimuslaitteita, ja niiden käyttäjät ovat pitkälle koulutettuja. Laitteeseen sisältyy lukuisia turvajärjestelmiä, muun muassa liiallisilta altistumisilta suojaavia suojaelementtejä ja automaattisia varoitusjärjestelmiä. Mikäli työnantajilla on käytössään järjestelmiä, joilla voidaan varmistaa, että laitteiden käyttäjät käyttävät laitteita valmistajan ohjeiden mukaan ja tarkkailevat automaattisia varoitusjärjestelmiä, laitteiden pitäisi olla potilaille ja työntekijöille turvallisia käyttää lääkinällisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY) edellyttämällä tavalla.

F.4.6 Raskaana olevat työntekijät

Kun työntekijä ilmoittaa olevansa raskaana, työnantajan tulisi tarkistaa, että olemassa oleva riskinarviointi on asianmukainen. Jos muutoksille on tarvetta, tulisi suorittaa erityinen riskinarviointi. Lisätietoja on saatavilla tämän oppaan luvusta 5 ja liitteestä E.

F.5 MRI-tilan organisointi

Laitokset voivat minimoida työntekijöiden altistumista ottamalla käyttöön jäsennellyn lähestymistavan MRI-tilojen organisoinnissa ja erityisesti jakamalla alueen todennäköisesti

kohdattavien kenttien voimakkuuden mukaan. Näin voidaan helpommin rajoittaa pääsyä sellaisille alueille, joilla riski altistumisen raja-arvot ylittävään altistumiseen on suuri. Useimmissa MRI-tiloissa käytetään jo nykyään muihin vaaratekijöihin perustuvaa pääsyrjoitusjärjestelmää (ks. luettelo jaksossa F3). Seuraavassa kuvattu lähestymistapa perustuu muualla julkaistuihin ehdotuksiin hyvistä käytännöistä, ja siinä muokataan nykyisiä lähestymistapoja EMF-direktiivin tarpeisiin.

F.5.1 Valvonta-alue

Valvonta-alueen käsite määritellään standardissa EN60601-2-33, jossa edellytetään, että valvonta-aluetta käytetään kaikkien sellaisten MRI-laitteiden yhteydessä, jotka synnyttävät laitteen pysyvän kannen ulkopuolelle yli 0,5 mT:n hajakentän ja/tai eivät noudata standardissa EN60601-1-2 määriteltyä sähkömagneettisten häiriöiden tasoa. Näin ollen valvonta-alueen rajaaminen on jo entuudestaan yleinen käytäntö terveydenhuollossa.

Valvonta-alueella on olemassa riski, että aktiivisissa implantoiduissa lääkinnällisissä laitteissa ja muissa lääkinnällisissä laitteissa esiintyy häiriöitä. Lisäksi alueella on riskejä, jotka aiheutuvat ferromagneettisiin aineisiin kohdistuvista vetovoimista tai vääntömomenteista.

Alueelle pääsyä on rajoitettava – ihannetapauksessa käytetään kulunvalvontalaitteella varustettua ovea – ja rajoituksista on ilmoitettava asianmukaisin opastein. Alueelle pääsyä on valvottava asianmukaisilla organisatorisilla järjestelyillä (ks. jakso F6 jäljempänä).

F.5.2 Kuvaushuone

Pääsy kuvaushuoneeseen olisi rajoitettava koskemaan vain niitä työntekijöitä, joiden työtehtävät edellyttävät läsnäoloa huoneessa. Kuvaushuoneeseen astuvien työntekijöiden tulisi oleskella huoneessa vain sen aikaa kuin on työtehtävien suorittamiseksi välttämätöntä.

Magneettinen spatiaalinen kenttägradientti on voimakkaimmillaan alueella, joka sijaitsee kuvauslaitteen suuaukon välittömässä läheisyydessä. Kytettävät gradienttikentät voivat lisäksi olla tällä alueella niin voimakkaita, että on olemassa riski altistumisen raja-arvon ylittymiseen, kun kuvauslaite on toiminnassa. Tästä syystä tämä alue olisi yksilöitävä kuvaushuoneessa esillä olevassa kaaviossa. Alueen määrittäminen on perustuttava spatiaalisen gradientin ja kytkettävien gradienttikenttien rajoittavimpiin arvoihin valmistajan neuvomalla tavalla. Jos yksityiskohtaisia tietoja ei ole saatavilla (esimerkiksi jos kuvauslaite on vanha), olisi yksilöitävä laitteen suuaukon ympäriltä (keskiakselilta mitattuna) 1 metrin suuruinen oletusalue, joka on tavallisesti riittävä. Kaavion avulla työntekijät pitäisi saada kiinnittämään huomiota siihen, että tällä alueella työskentelyyn liittyy muita alueita suurempia riskejä. Työntekijöiden ei tulisi astua yksilöidylle alueelle, ellei tämä ole välttämätöntä heidän työtehtäviensä suorittamiseksi, eikä heidän pitäisi pysytellä alueella pidempään kuin on tarpeen. Työntekijöiden, jotka joutuvat menemään yksilöidylle alueelle, olisi muistettava liikkua riittävän hitaasti välttääkseen haittavaikutukset.

F.5.3 Kuvaushuoneen suunnittelu

Kuvaushuoneen tulisi olla suunniteltu niin, että henkilöstö voi mahdollisuuksien mukaan välttää työskentelemästä lähellä kuvauslaitetta. Näin ollen anestesia- ja muut liikuteltavat laitteet olisi sijoitettava mahdollisimman kauas kuvauslaitteesta, mikäli tämä ei ole vastoin hyvää hoitokäytäntöä. Samalla tavalla lääkkeiden ja varjoaineiden annostelu pitäisi mahdollisuuksien mukaan automatisoida, mutta aina tämä ei kuitenkaan ole turvallista: tilanteessa tulee toimia kliinisen arvion mukaisesti. Erityisesti nuorten taikka erittäin sairaiden potilaiden kohdalla manuaalista infuusiota pidetään usein turvallisempana vaihtoehtona, ja tämä riippuu aina kliinisestä arviosta.

F.6 Työn organisointi

F.6.1 Valvonta-alue

Valvonta-alueella olisi sovellettava asianmukaisia organisatorisia järjestelyjä, jotka tulisi dokumentoida. Esimiesasemassa olevan henkilökunnan jäsenen, kuten työvuorosta vastaavan johtavan röntgenteknikon, tulisi suoraan valvoa alueella suoritettavia työtehtäviä.

MR-laitteesta vastaavan työntekijän olisi alati valvottava valvonta-alueella käyvää hoitohenkilökuntaa ja vierailijoita.

Järjestelyjen keskeinen elementti on seulonta, jolla pyritään yksilöimään ne henkilöt, jotka saattavat olla alttiina riskeille, jotka aiheutuvat aktiivisista taikka passiivisista implanteista tai muista riskitekijöistä, kuten vartalolävistyksistä tai tatuoinneista, joissa on korkea rautapitoisuus. Samat seulontakriteerit koskevat potilaita ja hoitajia.

Käytössä tulee olla myös järjestelyjä, joilla tiloihin pääsyä valvotaan normaalin työajan ulkopuolella (tämä koskee esimerkiksi siivoojia, vartijoita, palomiehiä ja rakennuksen huoltohenkilöstöä).

Seulonnan tulisi koskea myös alueelle tuotavia esineitä sen varmistamiseksi, että ferromagneettiset esineet merkitään asianmukaisesti joko MR-turvallisiksi tai MR-ehdollisiksi. Tämä on otettava huomioon paikallisissa menettelyissä.

F.6.2 Henkilöstön koulutus

Henkilöstön, joka joutuu työskentelemään valvonta-alueella, tulisi saada koulutusta MRI-laitteisiin liittyvistä turvallisuusnäkökohdista. Koulutuksessa tulisi käsitellä seuraavia seikkoja:

- Voimakkaassa staattisessa magneettikentässä liikkumisesta mahdollisesti aiheutuvien vaikutusten tiedostaminen
- Voimakkaiden kytkettävien gradienttikenttien vaikutusten tiedostaminen
- Radiotaajuuskenttien vaikutusten tiedostaminen
- Ferromagneettisiin aineisiin kohdistuvasta vetovoimasta aiheutuvan sinkoutumisriskin ja näihin aineisiin kohdistuvista vääntömomenteista aiheutuvien riskien tiedostaminen
- Aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden häiriöriskin tiedostaminen
- Lääkinnällisten sähkölaitteiden häiriöriskien tiedostaminen
- Pääsyrjoitusten ja valvonta-alueelle tulevien henkilöiden tai sinne tuotavien esineiden seulonnan merkitys
- Hitaan liikkumisen merkitys kuvauslaitteen ympärillä ja sisällä
- Tietoisuus kenttien spatiaalisesta jakautumisesta kuvauslaitteen ympärillä
- Tietoisuus muista vaaratekijöistä, muun muassa melusta ja kryogeenisistä kaasusta
- Evakuointimenettelyt suprajohtavan magneetin sammutuksen (quench) yhteydessä
- Tietoisuus menettelyistä hätätilanteessa.

Koulutus on yleensä räätälöitävä erikseen kuhunkin kuvaustilaan, ja siksi koulutuksen antamisesta vastaa joku sellainen henkilö laitoksen sisältä, jolla on asianmukaista osaamista ja kokemusta. Asianomaisten eurooppalaisten ammattialajärjestöjen odotetaan laativan lisäohjeita koulutusta koskevista vaatimuksista.

Mikäli muiden henkilöstöryhmien edustajat, kuten siivoojat, vartijat, palomiehet ja rakennuksen huoltohenkilöt, voivat joutua menemään valvonta-alueelle, heille olisi myös annettava asianmukaista tietoisuuskoulutusta alueista, joille he voivat joutua menemään,

joskaan kyseisen koulutuksen ei tarvitse olla yhtä perusteellista kuin MR-laitteesta vastaavalla henkilöstöllä.

F.6.3 Kuvaushuone

Työntekijöiden, jotka joutuvat astumaan kaaviossa yksilöidylle alueelle kuvauslaitteen suuaukon lähellä, on muistettava liikkua riittävän hitaasti, jotta mahdolliset hetkelliset vaikutukset pysyvät siedettävänä. Liikkumisen rajoittamisesta staattisissa magneettikentissä on julkaistu lisäohjeita (ICNIRP 2014), joita käsitellään tarkemmin jaksossa D4. Henkilöstön tulee olla tietoinen kytkettävien gradienttikenttien vaikutuksista ja ymmärtää, että kaaviossa yksilöidylle alueelle ei pidä astua, ellei suoritettava toimenpide sitä edellytä, ja alueella ei pidä oleskella pidempään kuin on aivan välttämätöntä.

Mikäli aktiivinen kuvaus on käynnissä silloin, kun työntekijöitä on laitteen sisäosan lähellä tai laitteen sisällä, heillä voi esiintyä ääreishermostojen stimulaatiota. Nykyaikaiset kuvauslaitteet on suunniteltu siten, että ne rajoittavat useimpien ihmisten ääreishermostojen stimulaation mahdollisuutta, mutta erittäin herkät henkilöt voivat silti saada jonkinlaisia vaikutuksia, ja heidän tulisi siksi olla tietoisia tällaisista oireista, jotta voidaan ryhtyä näitä vaikutuksia rajoittaviin toimenpiteisiin. Mikäli työntekijöillä ilmenee altistumisesta johtuvia vaikutuksia, heidän tulisi ilmoittaa tästä tiloista vastaavalle esimiehelle, joka voi tarvittaessa päivittää riskinarviointia ja ehkäiseviä toimenpiteitä.

Työntekijöihin kohdistuvat suorat vaikutukset voivat aiheuttaa turvallisuusriskejä muille asianomaisille osapuolille. Jos työntekijät esimerkiksi tuntevat huimausta tai saavat näköhäiriöitä, jotka johtuvat nopeasta liikkumisesta staattisessa kentässä, tämä voi vaikuttaa heidän kykyynsä antaa potilaalle asianmukaista hoitoa.

F.6.4 Kuvauslaitteeseen meneminen

Työntekijöitä on neuvottava välttämään menemistä kuvauslaitteen sisään, ellei tämä ole aivan välttämätöntä. Mikäli työntekijä menee kuvauslaitteeseen (esimerkiksi siivoamaan laitetta tai rauhoittamaan potilasta), hänen on poistuttava laitteesta mahdollisimman pian saatuaan tarvittavat työtehtävänsä suoritetuiksi. Henkilöstön olisi harkittava tällaisen toimenpiteen välttämättömyyttä ja sitä, voitaisiinko sama lopputulos saavuttaa ilman laitteeseen menemistä. Työntekijät, jotka eivät tunne voimakkaissa staattisissa magneettikentissä liikkumisen aiheuttamia vaikutuksia, voivat olla muita työntekijöitä alttiimpia riskeille.

Monissa tapauksissa tarpeelliset toiminnot, kuten potilaan tarkkailu kuvauksen aikana tai kuvauslaitteen sisäosan tarkastaminen, voidaan toteuttaa yksinkertaisilla menetelmillä, kuten etäkatselulla (esimerkiksi peilin avulla). Samoin tietyissä puhdistustoimenpiteissä riittää, että käytetään pitkävartisia välineitä. Soveltamalla tällaisia menetelmiä järkevästi voidaan minimoida tilanteet, joissa työntekijöiden täytyy mennä kuvauslaitteeseen.

Mikäli työntekijän on ehdottomasti mentävä kuvauslaitteeseen, radiotaajuus- ja kytkettävät gradienttikentät olisi poistettava siksi aikaa käytöstä, ellei niiden käyttäminen ole aivan välttämätöntä. Jos kytkettävien gradienttikenttien on oltava toiminnassa, niiden käyttö olisi, mikäli mahdollista, rajoitettava vain yhteen gradienttiin, ja kuvausnopeuden tulisi olla hidas, jotta altistumisvoimakkuutta voidaan rajoittaa. Jos radiotaajuuskenttien on oltava toiminnassa, niiden teho on vastaavasti pidettävä niin pienenä kuin suinkin on mahdollista työn tavoitteen saavuttamiseksi.

F.7 MRI tutkimusympäristössä

Tutkimusympäristöissä työ ei todennäköisesti ole yhtä rutinoitunutta kuin muissa ympäristöissä ja työntekijät oleilevat kuvauslaitteen lähellä tavallista enemmän. Yleensä pitäisi kuitenkin olla mahdollista noudattaa edellä kuvattuja potilaskuvauksen yleisiä periaatteita ja mukauttaa niitä tarpeiden mukaan niin, että tutkimustyön erityisvaatimukset täyttyvät. Kansainvälinen lääketieteen magneettiresonanssitekniikan yhdistys (International Society of Magnetic Resonance in Medicine) on laatinut tarkat ohjeet siitä, miten MRI-laitteita käytetään turvallisesti tutkimusympäristössä (Calamante et al., 2014).

LIITE G

MUIDEN EUROOPPALAISTEN SÄÄDÖSTEN VAATIMUKSET

G.1 Eurooppalaisen lainsäädännön oikeusperusta

Euroopan unionin lainsäädäntö perustuu seuraavaan kolmeen perussopimukseen:

- Sopimus Euroopan unionista (SEU)
- Sopimus Euroopan unionin toiminnasta (SEUT)
- Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimus

SEUT-sopimus (aiemmin Euroopan yhteisön perustamissopimus) muodostaa oikeusperustan seuraavassa esitellyille direktiiveille.

G.2 Terveys- ja turvallisuusdirektiivit

SEUT-sopimuksessa asetetaan tavoitteeksi edistää työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden parantamista työympäristössä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi sopimuksen nojalla voidaan antaa direktiivejä, joilla asetetaan vähimmäisvaatimukset.

G.2.1 Puitedirektiivi

Vuonna 1989 annettiin puitedirektiivi (89/391/ETY) kokonaisvaltaiseksi direktiiviksi tällä alueella. Puitedirektiivissä määritellään ehkäiseviä ja suojaavia toimenpiteitä koskevat yleiset periaatteet, joita sovelletaan työntekijöiden työtapaturmiin ja ammattitauteihin. Direktiivissä määritellään työnantajille velvoitteita, jotka liittyvät seuraaviin seikkoihin:

- riskien arviointi (ks. luku 5)
- riskien ehkäisy (ks. luku 9)
- järjestelyt, jotka koskevat ensiapua, palontorjuntaa, evakuointia ja toimintaa vakavassa ja välittömässä vaarassa
- tapaturmien kirjaaminen
- tiedottaminen työntekijöille, työntekijöiden osallistuminen ja koulutus
- terveystarkastukset kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaan
- erityisen alttiiden riskiryhmien suojelu.

Puitedirektiivissä määritellään myös työntekijöille seuraavia velvollisuuksia:

- työntekijän on käytettävä oikein laitteita, aineita ja henkilönsuojaimia
- työntekijän on ilmoitettava työnantajalle jokaisesta tilanteesta, joka aiheuttaa vakavaa ja välitöntä vaaraa, sekä ilmoitettava jokaisesta turvajärjestelyjen puutteesta
- toimia yhteistyössä työnantajan kanssa toteutettaessa terveyttä ja turvallisuutta suojaavia toimenpiteitä.

Puitedirektiivissä edellytetään, että annetaan erillisiä direktiivejä, jotka sisältävät ennen kaikkea lisätietoja siitä, miten puitedirektiivin tavoitteet saavutetaan määrätyissä tilanteissa. EMF-direktiivi on yksi monista yksittäisistä direktiiveistä, joilla täydennetään puitedirektiivin yleisiä vaatimuksia. Osalla näistä direktiiveistä voi olla merkitystä sähkömagneettisiin kenttiin liittyvän työn kannalta, ja siksi niitä käsitellään seuraavassa lyhyesti. Tarkkojen tietojen saamiseksi näiden direktiivien sisällöstä on syytä perehtyä itse direktiiveihin, niiden täytäntöönpanoa koskevaan kansalliseen lainsäädäntöön ja mahdollisiin virallisiin oppaisiin, mikäli sellaisia on saatavilla.

G.2.2 Työvälineitä koskeva direktiivi

Työvälineistä annettu direktiivi (2009/104/EY) velvoittaa työnantajat varmistamaan, että työntekijöille annettavat työvälineet ovat turvallisia ja tarkoituksenmukaisia työpaikalla, jossa niitä on tarkoitus käyttää. Direktiivissä työnantajat veloitetaan lisäksi varmistamaan, että työvälineitä huolletaan riittävästi niin, että ne pysyvät vaatimustenmukaisina koko niiden käyttöajan. Työnantajan on suoritettava tarkastuksia ja/tai testauksia varmistaakseen, että laite on asennettu oikein ja toimii asianmukaisesti, ja saadut tulokset on kirjattava.

Mikäli on todennäköistä, että työvälineistä aiheutuu erityisiä riskejä, työnantajan tulee rajoittaa välineen käyttö vain niihin työtehtäviin, joissa sitä tarvitaan, ja varmistaa, että tehtävään nimenomaan osoitettu henkilöstö vastaa välineen korjauksista, muutoksista, kunnossapidosta tai huollosta.

Työnantajan on annettava työntekijöilleen tietoja työvälineiden käyttöolosuhteista, ennakoitavissa olevista poikkeavista tilanteista ja työntekijöitä koskevista vaaroista. Työntekijöiden olisi myös saatava riittävästi koulutusta.

G.2.3 Työpaikkadirektiivi

Työpaikkadirektiivissä (89/654/ETY) työnantajat veloitetaan pitämään huolta siitä, että työpaikka on turvallinen ja puhtas ja sen kunnossapidosta huolehditaan.

G.2.4 Turvallisuus- ja/tai terveysmerkkejä koskeva direktiivi

Turvallisuus- ja/tai terveysmerkkejä koskevassa direktiivissä (92/58/ETY) työnantajat veloitetaan varmistamaan, että turvallisuus- ja/tai terveysmerkkejä asetetaan esille paikkoihin, joissa vaaroja ei voida välttää tai vähentää. Työnantajille ja heidän edustajilleen on annettava ohjeita siitä, mitä merkit tarkoittavat ja mihin toimenpiteisiin on ryhdyttävä, kun näitä merkkejä on esillä.

Näiden merkkien vähimmäisvaatimukset esitetään asianomaisen direktiivin liitteissä.

G.2.5 Raskaana olevia työntekijöitä koskeva direktiivi

Raskaana olevia työntekijöitä koskevassa direktiivissä (92/85/ETY) työnantajat veloitetaan arvioimaan turvallisuus- ja terveysriskejä, joita syntyy altistumisesta erilaisille fyysisille, biologisille ja kemiallisille tekijöille, muiden muassa ionisoimattomalle säteilylle. Arvioinnin tuloksista ja mahdollisesti toteuttavista toimenpiteistä on tiedotettava raskaana oleville, äskettäin synnyttäneille tai imettäville työntekijöille ja niille työntekijöille, jotka mahdollisesti ovat mainituissa tilanteissa. Jos riskejä tunnistetaan, työnantajan tulee pyrkiä poistamaan ne tekemällä muutoksia työolosuhteisiin, siirtämällä työntekijän toiseen työhön tai myöntämällä lomaa.

Direktiivi suojaa myös raskaana olevia työntekijöitä velvollisuudelta suorittaa yötyötä silloin, kun vapautukseen on lääketieteelliset perusteet. Direktiivissä myönnetään myös oikeus äitiyslomaan ja annetaan työntekijälle suoja raskaudesta tai äitiyslomasta johtuvalta irtisanomiselta.

G.2.6 Nuoria työntekijöitä koskeva direktiivi

Nuoria työntekijöitä koskevassa direktiivissä (94/33/EY) luodaan järjestelmä, jolla suojellaan kaikkia alle 18-vuotiaita työntekijöitä. Jäsenvaltioiden tulee kieltää täysipäiväiseen koulunkäyntiin velvollisten lasten (ja kaikkien alle 15-vuotiaiden lasten) työnteko. Tähän on tosin tiettyjä tarkasti määriteltyjä poikkeuksia.

Työnantajien on suoritettava riskinarviointi, jossa kiinnitetään erityistä huomiota riskeihin, jotka johtuvat kokemattomuudesta, kykenemättömyydestä tunnistaa olemassa olevia tai mahdollisia vaaratekijöitä taikka kypsymättömyydestä. Tämän jälkeen työnantajien tulee toteuttaa toimenpiteitä nuorten turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi. Arviointi on suoritettava ennen kuin nuori aloittaa työnteon ja silloin, jos työolosuhteissa tapahtuu suuria muutoksia. Nuorille työntekijöille ja heidän edustajilleen on ilmoitettava arvioinnin tuloksesta ja toteutetuista toimenpiteistä.

G.2.7 Henkilönsuojaimien käyttöä koskeva direktiivi

Henkilönsuojaimien käyttöä koskevassa direktiivissä (89/656/ETY) työnantajat veloitetaan varmistamaan, että työntekijät käyttävät henkilönsuojaimia, mikäli vaaroja ei voida välttää tai riittävästi rajoittaa teknisin tai organisatorisin keinoin. Kaikkien työntekijöille annettavien henkilönsuojainten on täytettävä suunnittelua ja valmistusta koskevat EU-säännökset ja seuraavat kriteerit:

- niiden on oltava tarkoituksenmukaisia kyseessä olevia vaaroja ajatellen, eivätkä ne saa itse lisätä vaaraa
- niiden on sovelluttava työpaikan olosuhteisiin
- niiden on oltava ergonomian vaatimusten mukaisia ja työntekijän terveydentilan huomioon ottavia
- niiden on sovittava hyvin kantajansa ylle, kun tarvittavat säädöt on tehty.

Työnantajan on annettava henkilönsuojaimet työntekijöiden käyttöön maksutta, hyvässä toimintakunnossa ja hygieenisinä. Työntekijän on suoritettava arviointi sen varmistamiseksi, että henkilönsuojain on tarkoituksenmukainen ja sopii tarvittaessa yhteen muiden henkilönsuojaimien kanssa.

Työntekijöiden on saatava asianmukaista koulutusta heillä annettavien henkilönsuojaimien käytössä.

G.3 Tuotedirektiivit

SEUT-sopimuksessa kielletään määrälliset rajoitukset tai muut toimenpiteet, joilla olisi samankaltaisia vaikutuksia, Euroopan unionin jäsenvaltioiden välisessä kaupassa. Oikeuskäytäntö on vahvistanut, että rajoitukset, jotka koskevat tuotteiden vapaata liikkuvuutta Euroopan unionissa, voivat olla perusteltuja vain sillä perusteella, että tuotteet eivät täytä *olennaisia vaatimuksia*. Tämä linjaus loi tarpeen pystyä määrittelemään *olennaiset vaatimukset* ja standardoida vaatimustenmukaisuuden arviointi.

Nämä kysymykset ratkaistiin alkuvaiheessa ottamalla tuotelainsäädännössä käyttöön *uusi lähestymistapa*, jolla vahvistettiin seuraavat periaatteet:

- lainsäädännön yhdenmukaistamisen tulisi rajoittua koskemaan olennaisia vaatimuksia, jotka EU:n markkinoille saatettavien tuotteiden on täytettävä, jos niiden halutaan liikkuvan vapaasti EU:n alueella
- yhdenmukaistetuissa standardeissa olisi vahvistettava tekniset eritelmät, joita tuotteiden on noudatettava olennaisten vaatimusten täyttämiseksi
- yhdenmukaistettujen standardien mukaan valmistetuilla tuotteilla on olennaisia vaatimuksia koskeva vaatimustenmukaisuusolettama

- yhdenmukaistettujen tai muiden standardien soveltaminen pysyy vapaaehtoisena; valmistajat voivat aina soveltaa muita teknisiä eritelmiä vaatimusten täyttämiseksi, mutta heidän on kyettävä osoittamaan tämä.

Uusi lähestymistapa on sittemmin korvattu uudella lainsäädäntökehyksellä, jolla entisen järjestelmän elementtejä tarkistettiin ja vahvistettiin.

Tämä tuotelainsäädännön järjestelmä antaa mahdollisuuden säännellä laajoja tuoteryhmiä, joilla on yhteisiä olennaisia vaatimuksia. Tähän mennessä järjestelmän puitteissa on annettu 27 direktiiviä, mutta ainoastaan muutamalla näistä direktiiveistä on todennäköisesti jotakin merkitystä työpaikkojen sähkömagneettisten kenttien turvallisuuden kannalta. Näitä direktiivejä käsitellään seuraavassa.

G.3.1 Sähkölaitteet

Sähkölaitteisiin, jotka asetetaan saataville Euroopan unionin markkinoilla, sovelletaan pienjännittdirektiivin (2006/95/EY) vaatimuksia. Tämä direktiivi laadittiin uudelleen vuonna 2014, ja jäsenvaltioiden on annettava uutta lainsäädäntöä uuden pienjännittdirektiivin (2014/35/EU) panemiseksi täytäntöön 20. huhtikuuta 2016 mennessä. Tietyin poikkeuksin pienjännittdirektiivejä sovelletaan sähkölaitteisiin, jotka on suunniteltu toimimaan 50–1 000 voltin vaihtojännitteellä tai 75–1 500 voltin tasavirtajännitteellä.

Pienjännittdirektiiveissä edellytetään, että laitteet eivät saa vaarantaa ihmisten tai kotieläinten terveyttä ja turvallisuutta tai omaisuutta, kun ne asennetaan ja niitä huolletaan asianmukaisesti ja käytetään tarkoituksenmukaisesti. Tämän oppaan kannalta on erityistä merkitystä direktiivin sisältämällä vaatimuksella siitä, että teknisin toimenpitein on varmistettava, että laite ei synnytä säteilyä, joka aiheuttaisi vaaraa.

G.3.2 Koneet

Koneisiin, jotka asetetaan saataville Euroopan unionin markkinoilla, sovelletaan konedirektiivin (2006/42/EY) vaatimuksia. Yleisesti ottaen direktiiviä sovelletaan kaikkiin toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmiin, joissa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joissa on tai jotka on tarkoitettu varustettavaksi voimansiirtojärjestelmällä. Nostolaitteita lukuun ottamatta laitteet, jotka toimivat yksinomaan ihmis- tai eläinvoimalla, eivät kuulu tämän direktiivin soveltamisalaan. Direktiivin soveltamisalaan kuuluu monia erityisiä poissulkemisia ja lisäyksiä.

Konedirektiivin tarkoituksena on varmistaa, että koneista ei aiheudu riskiä terveydelle tai turvallisuudelle. Direktiiviin sisältyy erityisvaatimuksia siitä, että on varmistettava, että ei-toivotut säteilypäästöt poistetaan tai pienennetään sellaisille tasoille, että niillä ei ole vaarallisia vaikutuksia ihmisille. Ionisoimattomat säteilypäästöt asennuksen, käytön ja puhdistuksen aikana on rajoitettava sellaisille tasoille, että niillä ei ole haitallisia vaikutuksia ihmisiin.

Koneiden valmistajien on annettava tietoa jäännösriskeistä koneiden kanssa toimitettavissa ohjeissa. Valmistajilta vaaditaan myös tietoja todennäköisistä ionisoimattoman säteilyn päästöistä, mikäli ne voivat olla vahingollisia ihmisille, muun muassa sellaisille henkilöille, joilla on implantoituja lääkinnällisiä laitteita.

G.3.3 Radiolaitteet

Radiolaitteisiin, jotka saatetaan Euroopan unionin markkinoille, sovelletaan radio- ja telepäätelaitteita koskevan direktiivin (1999/5/EY) vaatimuksia. Tämä direktiivi kuitenkin kumotaan ja korvataan radiolaittdirektiivillä (2014/53/EU) 13. kesäkuuta 2016. Siirtymäjärjestelyiden aikana direktiivin 1999/5/EY mukaisia radiolaitteita voidaan edelleen saattaa markkinoille 13. kesäkuuta 2017 asti. Radiolaittdirektiiviä sovelletaan kaikkiin laitteisiin, jotka on suunniteltu tarkoituksella lähettämään ja/ tai vastaanottamaan radioaaltoja radioviestinnän tai radiomäärityksen tarkoituksiin

(radiomäärityksellä tarkoitetaan radioaaltojen käyttämistä esineen sijainnin, nopeuden tai muun luonteenomaisen piirteen määrittämiseen tai näihin ominaisuuksiin liittyvien tietojen hankkimiseen). Radio- ja telepäätelaitteita koskevan direktiivin soveltamisala on laajempi, ja siihen kuuluvat esimerkiksi laitteet, jotka on tarkoitettu liitettäväksi yleiseen verkkoon.

Molemmat direktiivit sisältävät samat terveyttä ja turvallisuutta koskevat vaatimukset kuin pienjännitedirektiivit (ks. jakso G3.1), paitsi että näihin ei sisälly jännitteiden raja-arvoja koskevia rajoituksia.

G.3.4 Lääkinnälliset laitteet

Lääkinnällisiin sähkölaitteisiin, jotka saatetaan Euroopan unionin markkinoille, sovelletaan joko lääkitämisistä laitteista annetun direktiivin (93/42/ETY) tai aktiivisista implantoitavista lääkitämisistä laitteista annetun direktiivin (90/385/ETY) vaatimuksia. Näitä kumpaakin direktiiviä käsitellään tarkemmin jaksossa E2.1.1 (aktiivisista implantoitavista lääkitämisistä laitteista annettu direktiivi) ja jaksossa E2.3 (lääkitämisistä laitteista annettu direktiivi).

G.3.5 Henkilönsuojaimet

Henkilönsuojaimiin, jotka saatetaan Euroopan unionin markkinoille, sovelletaan henkilönsuojaimia koskevan direktiivin (89/686/ETY) vaatimuksia. Tietyn erityisrajoituksen henkilönsuojaimilla tarkoitetaan yleisesti laitteita tai välineitä, jotka on suunniteltu henkilön käytettäväksi suojaamaan yhdeltä tai useammalta terveyttä tai turvallisuutta uhkaavalta vaaratekijältä.

Henkilönsuojaimia koskevassa direktiivissä edellytetään, että henkilönsuojaimia voidaan saattaa markkinoille ja ottaa käyttöön vain, jos ne tarkoituksenmukaisesti säilytettyinä ja aiottuun tarkoitukseen käytettyinä säilyttävät käyttäjän terveyden ja varmistavat käyttäjän turvallisuuden. Henkilönsuojaimet eivät saa haitata muiden ihmisten, kotieläinten tai tavaroiden terveyttä tai turvallisuutta.

G.3.6 Yleinen tuoteturvallisuus

Yleisen tuoteturvallisuudirektiivin (2001/95/EY) tarkoituksena on varmistaa kuluttajien käyttöön tarkoitettujen tuotteiden turvallisuus. Mikäli tuotteet kuuluvat jonkin uuden lähestymistavan tai uuden lainsäädäntökehyksen puitteissa annetun direktiivin soveltamisalaan, erityisdirektiivin vaatimukset ovat yleensä ensisijaisia yleisen tuoteturvallisuudirektiivin vaatimuksiin nähden. Vaikka yleisen tuoteturvallisuudirektiivin tarkoituksena on suojella kuluttajia, sitä sovelletaan myös yrityskäyttöön hankittuihin tuotteisiin, mikäli kyseinen tuote on tarkoitettu kuluttajien käyttöön.

Yleisessä tuoteturvallisuudirektiivissä edellytetään, että tuote ei aiheuta vaaraa tai aiheuttaa tuotteen aiottuun käyttöön nähden sellaista mahdollisimman vähäistä vaaraa, jota voidaan pitää hyväksyttävänä (ja joka takaa korkean suojelun tason turvallisuuden ja terveyden osalta). Näitä vaatimuksia sovelletaan kaikissa kohtuudella ennakoitavissa käyttöolosuhteissa, muun muassa asennuksessa, käyttöönotossa ja huollossa.

G.3.7 Sähkömagneettinen yhteensopivuus

Laitteisiin, jotka voivat todennäköisesti aiheuttaa sähkömagneettisia häiriöitä tai joiden toimintaan sellainen häiriö todennäköisesti vaikuttaa ja jotka joko saatetaan Euroopan unionin markkinoille taikka otetaan käyttöön Euroopan unionin alueella, sovelletaan sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan direktiivin (2004/108/EY) vaatimuksia. Tämä direktiivi on hiljattain laadittu uudelleen, ja uusi sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva direktiivi (2014/30/EU) astuu voimaan 20. huhtikuuta 2016, jolloin entinen direktiivi kumotaan. Laitteet, jotka saatetaan markkinoille ennen 20. huhtikuuta 2016 ja jotka täyttävät direktiivin 2004/108/EY vaatimukset, voidaan edelleen pitää saatavilla markkinoilla tämän ajankohdan jälkeen. Näiden direktiivien soveltamisalaan liittyy tiettyjä

poikkeuksia, muun muassa laitteet, joihin sovelletaan radio- ja telepäätelaitteita koskevaa direktiiviä (ks. jakso G3.3), ja ilmailulaitteet. Ilma-aluksiin sovellettavat sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset sisältyvät asetukseen (EY) 216/2008, ja neli- tai useampipyöräisiä ajoneuvoja koskevat vaatimukset sisältyvät asetukseen (EY) 661/2009.

Sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeviin direktiiveihin ei sisälly säännöksiä, jotka liittyisivät nimenomaisesti ihmisten terveyden ja turvallisuuden varmistamiseen. Niihin kuitenkin sisältyy vaatimuksia sähkömagneettisen häiriön rajoittamisesta, jotta muille laitteille ei koidu häiriötä, ja laitteiden häiriönsietokyvystä, jonka tason olisi oltava sellainen, että voidaan varmistaa laitteen kykenevän toimimaan sille tarkoitetussa ympäristössä ilman toiminnan kohtuutonta heikentymistä. Nämä vaatimukset voivat vaikuttaa tiettyihin epäsuoriin vaikutuksiin liittyvään turvallisuuteen.

G.4 Neuvoston suositus

Väestön suojelemiseksi Euroopan unionin neuvosto antoi suosituksen 1999/519/EY väestön sähkömagneettisille kentille altistumisen rajoittamisesta. Suosituksessa luodaan järjestelmä, jonka puitteissa väestöä pyritään suojelemaan tutkimuksissa osoitetuilta terveyshaitoilta, joita voi aiheutua altistumisesta sähkömagneettisille kentille. Siinä ei puututa työntekijöiden suojeeluun.

Neuvoston suositus ei ole sitova, mutta siinä määritellään järjestelmä, joka koostuu perusrajoituksista, jotka ovat suureita, joita ei pitäisi ylittää ja jotka käsitteinä vastaavat EMF-direktiivissä käytettyjä altistumisen raja-arvoja.

Koska perusrajoitukset perustuvat valtaosin kehon sisäisiin suureisiin, joita ei helposti voida arvioida, neuvoston suosituksessa määritellään myös järjestelmä, joka koostuu viitearvoista, jotka määritellään ulkoisina kenttäsuureina, joiden arviointi on helpompaa. Viitearvot johdetaan perusrajoituksista konservatiivisia menetelmiä käyttämällä, joten jos viitearvo ei ylity, myöskään sen perustana oleva perusrajoitus ei ylity. Koska viitearvot on kuitenkin johdettu pahimpaan tapaukseen perustuvien olettamusten pohjalta, on usein mahdollista ylittää viitearvot mutta kuitenkin yhä noudattaa perusrajoituksia. Tässä mielessä viitearvot vastaavat käsitteinä EMF-direktiivissä käytettyjä toimenpidetasoja.

Neuvosto antoi jäsenvaltioille suosituksen pohtia sähkömagneettisia kenttiä tuottavien tekniikoiden riskejä ja hyötyjä perusrajoitusten ja viitearvojen järjestelmän soveltamisen yhteydessä. Lisäksi suositeltiin, että jäsenvaltiot antaisivat väestölle tietoa sähkömagneettisista kentistä ja edistäisivät ja tarkastelisivat sähkömagneettisten kenttien terveysvaikutuksiin liittyvää tutkimusta.

Neuvoston suosituksessa kehoitetaan myös Euroopan komissiota edistämään väestön suojelua. Komissiota kehoitettiin ponnistelemaan Euroopan tason standardien vahvistamiseksi kuvattun suojelujärjestelmän tueksi, edistämään tutkimusta altistumisen pitkän ja lyhyen aikavälin vaikutuksista, edistämään kansainväliseen yhteisymmärrykseen pääsemistä tällä alueella ja seuraamaan suosituksen alaan kuuluvien seikkojen kehitystä.

Neuvoston suosituksessa kuvattu suojelujärjestelmä on otettu yleisesti käyttöön väestön suojelun kehiksenä. Varsinkin neuvoston suosituksessa määriteltyjä viitearvoja on käytetty perustana altistumisten hallinnalle monilla alueilla, joille on yleinen pääsy. Tämän lisäksi näitä viitearvoja on hyödynnetty kehitettäessä aktiivisten implantoitavien lääkinnällisten laitteiden sähkömagneettista häiriönsietokykyä koskevia standardeja.

LIITE H

EUROOPPALAISET JA KANSAINVÄLISET STANDARDIT

Sähköalan kansainvälinen standardisointijärjestö (IEC), Euroopan sähkötekniikan standardointikomitea (Cenelec) ja muut standardisointiviranomaiset ovat laatineet sähkömagneettisia kenttiä koskevia teknisiä standardeja.

Cenelec on jo laatinut useita työperäistä altistumista koskevia standardeja, jotka liittyvät sähkömagneettisten kenttien arviointiin. Nämä standardit laadittiin kuitenkin edellisen EMF-direktiivin vaatimusten noudattamisen varmistamiseksi. Näin ollen standardeja, jotka on laadittu vuonna 2013 tai aiemmin, ei tulisi käyttää arvioitaessa vaatimustenmukaisuutta nykyiseen EMF-direktiiviin nähden.

Tosin tietyt nykyiset standardit antavat mahdollisuuden arvioida vaatimusten täyttymistä neuvoston suosituksen 1999/519/EY suhteen. EMF-direktiivin 4 artiklan 6 kohdan nojalla työnantajien ei tarvitse suorittaa altistumisen arviointia yleisölle avoimilla työpaikoilla, joilla jo suoritettu arviointi on osoittanut, että ne noudattavat neuvoston suositusta 1999/519/EY. Tämä lauseke pätee sillä edellytyksellä, että työntekijöiden altistumiset pysyvät väestön raja-arvojen puitteissa ja mitään terveys- ja turvallisuusriskejä ei esiinny.

Cenelec julkaisee myös tuotestandardeja, jotka on yhdenmukaistettu erinäisiin tuotedirektiiveihin nähden (ks. jakso G.3). Luettelo kunkin tuotedirektiivin kanssa yhdenmukaistetuista standardeista julkaistaan Euroopan komission verkkosivuston yritystoimintaa koskevalla alueella. Valmistajat ja toimittajat voivat käyttää näitä standardeja osoittaakseen noudattavansa EMF-direktiivin turvallisuusvaatimuksia. Siinä tapauksessa, että laitteet on tarkoitettu yleiseen käyttöön ja täyttävät tällaisille laitteille asetetut tiukemmat turvallisuustasot, työpaikan voidaan katsoa noudattavan neuvoston suositusta 1999/519/EY edellyttäen, että muita laitteita ei käytetä.

Kuten edellä on todettu, laaditut standardit voidaan yleensä jakaa kahteen ryhmään, nimittäin päästöstandardeihin ja altistumisstandardeihin.

- Päästöstandardit liittyvät laitteiden päästöihin, ja niiden avulla valmistajat voivat osoittaa, että tuotteen synnyttämä kenttä ei ylitä tiettyä raja-arvoa. Asianomainen raja-arvo on yleensä EMF-direktiivin toimenpidetaso tai altistumisen raja-arvo tai neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritelty arvo. Näissä arvioinneissa on olennaista, että laitteita käytetään niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Jos valmistaja ei käytä laitetta sen käyttötarkoituksen mukaisesti, arviointia ei välttämättä voida hyväksyä.
- Altistumisen arviointia koskevat standardit antavat yleensä standardoidun välineen, jolla tiettyjen teollisuudenalojen tai tiettyntyyppisten tekniikoiden aiheuttamia altistumisia voidaan arvioida. Työpaikkojen arvioinneissa olisi otettava huomioon se, miten laitetta käytetään, ja tarkasteltava kaikkia laitteeseen liittyviä työtehtäviä, muun muassa puhdistusta ja huoltoa.

Yleensä päästöstandardeissa pyritään varmistamaan, että laitteen synnyttämien päästöjen kokonaisaltistus on niin matala, että altistumisen raja-arvot eivät ylitä siinä tilanteessa, että ympäristössä on muita sähkömagneettisia kenttiä synnyttäviä laitteita.

On huomattava, että nämä standardit koskevat yksittäisten laitteiden arviointia, kun taas EMF-direktiivi koskee työntekijöiden kaikista lähteistä muodostuvaa altistusta. On mahdollista, että altistuminen usealle laitteelle, joista kukin täyttää vaatimukset yksittäin tarkasteltuina, johtaa henkilökohtaiseen yhteisaltistumiseen, joka ylittää toimenpidetason tai altistumisen raja-arvon. Yleensä kentät kuitenkin heikkenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa, joten jos laitteiden välimatka on suuri, syntyvät kentät ovat yleensä vaatimustenmukaisia.

Cenelec laatii parhaillaan uusia teknisiä standardeja, joissa keskitytään nykyisen EMF-direktiivin vaatimusten noudattamisen varmistamiseen. Nämä standardit julkaistaan, kun niistä on päästy yhteisymmärrykseen, mutta vie luultavasti aikaa ennen kuin kattava standardien sarja on valmis. Kuitenkin jokaisen, jonka täytyy suorittaa arviointi, tulisi tarkistaa, onko nykyistä EMF-direktiiviä koskevaa standardia saatavilla.

Cenelecin sisällä uusien altistumisen arviointia koskevien standardien laadinnasta vastaa tekninen komitea CLC/TC106X (sähkömagneettiset kentät ihmisen elinympäristössä). Uusien standardien laadinnan edistymisen voi tarkistaa Cenelecin verkkosivuston TC106X-alueelta.

LIITE I

RESURSSIT

I.1 Neuvonta/sääntely

I.1.1 Euroopan unioni

Maa	Organisaatio	Verkkosivu
Alankomaat	Kansallinen kansanterveys- ja ympäristölaitos (RIVM)	www.rivm.nl
Belgia	Liittovaltion työllisyydestä, työstä ja työmarkkinavuoropuhelusta vastaava ministeriö	www.employment.belgium.be
Bulgaria	Kansallinen kansanterveydestä ja sen tutkimuksesta vastaava keskus	ncphp.government.bg/en
Espanja	Kansallinen työturvallisuudesta ja työhygieniasta vastaava laitos	www.meys.es
Irlanti	Terveys- ja turvallisuusviranomaisen	www.hsa.ie
Italia	Kansallinen työtapaturvakuutuslaitos	www.inail.it
Itävalta	Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz	www.bmask.gv.at/site
Kreikka	Työ- ja sosiaaliministeriö	www.mathra.gr
Kroatia	Työllisyyssasioista ja eläkejärjestelmästä vastaava ministeriö	www.mrms.hr
Kypros	Työllisyyssasioista ja sosiaalivakuutusjärjestelmästä vastaava ministeriö	www.mlsi.gov.cy
Latvia	Latvian tasavallan valtiollinen työsuojeluviranomainen	www.vdi.gov.lv
Liettua	Työministeriö, Sosiaaliturvasta ja työllisyydestä vastaava ministeriö	www.socmin.lt/en
Luxemburg	Inspection du travail et des mines	www.itm.lu/de/home.html
Malta	Työterveys- ja turvallisuusviranomaisen	www.ohsa.org.mt
Portugali	Autoridade para as Condições de Trabalho	www.act.gov.pt
Puola	Työsuojelukeskus	www.ciop.pl
Ranska	Ministère du Travail, de l'Emploi, et du Dialogue social	www.travail.gouv.fr
Romania	Kansallinen työturvallisuuden tutkimus- ja kehityslaitos	www.protectiamuncii.ro
Ruotsi	Ruotsin työympäristöviranomaisen	www.av.se
Saksa	Liittovaltion työ- ja sosiaaliministeriö	www.bmas.bund.de
Slovakia	Työllisyys-, sosiaali- ja perheasioista vastaava ministeriö	www.employment.gov.sk/en
Slovenia	Työllisyys-, perhe- ja sosiaaliasioista vastaava ministeriö	www.gov.si
Suomi	Sosiaali- ja terveysministeriö	www.riskithaltuun.fi
Tanska	Tanskan työympäristöviranomaisen	www.at.dk
Tšekki	Työ- ja sosiaaliministeriö	www.mpsv.cz/cs
Unkari	Kansallinen radiobiologian tutkimuslaitos	www.osski.hu
Viro	Viron työsuojeluviranomainen	www.ti.ee
Yhdistynyt kuningaskunta	Terveys- ja turvallisuusalan toimivaltaiset viranomaiset Englannin kansanterveyslaitos	www.hse.gov.uk www.gov.uk/government/organisations/public-health-england

I.1.2 Kansainväliset järjestöt

Organisaatio	Verkkosivu
Kansainvälinen ionisoimattoman säteilyn komitea (ICNIRP)	www.icnirp.de
Maailman terveysjärjestö (WHO)	www.who.int
Euroopan ammatillinen yhteisjärjestö (EAY)	www.etuc.org
Euroopan kansanterveysallianssi (EPHA)	www.epha.org
Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (EU-OSHA)	osha.europa.eu
Kansainvälisen työterveyskomissio (ICOH)	www.icohweb.org

I.2 Toimialajärjestöt

Organisaatio	Verkkosivu
Euroopan metalli-, konepaja- ja teknologiateollisuuden työnantajajärjestöjen neuvosto (CEEMET)	www.ceemet.org
Euroopan autonvalmistajien liitto (ACEA)	www.acea.be
Euroopan kloorialkateollisuuden yhdistys Euro Chlor	www.eurochlor.org
Sähkön siirtoverkonhaltijoiden eurooppalainen verkosto (ENTSO-E)	www.entsoe.eu
Radiologisten laitteiden, lääketieteellisten sähkölaitteiden ja terveydenhuollon tietotekniikan alan eurooppalainen koordinaatitokomitea (CO CIR)	www.cocir.org
Sähköalan eurooppalainen yhteistyöorganisaatio EURELECTRIC	www.eurelectric.org

1.3 Kansalliset ohjeasiakirjat

Maa	Asiakirjat
Belgia	Määräys N:o 7 työturvallisuuden ja -terveyden vähimmäisvaatimuksista, virallinen lehti N:o 88, 1999
Kreikka	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (NMR), 50 Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα, 9-10 Μαΐου 2014
Latvia	Atgādne par elektromagnētisko lauku, Aktualizēts 2011.gada jūnijā
Liettua	Liettuan hygieniastandardi (HN) 110: 2001 Työpaikkojen sähkömagneettiset kentät, joiden taajuus on 50 Hz. Parametrien sallitut arvot ja mittausvaatimukset, N:o 660/174, 21.12.2001 Liettuan hygieniastandardi (HN) 80: 2011 Sähkömagneettiset kentät työpaikoilla ja elinympäristössä. Parametrien sallitut arvot ja mittausvaatimukset radiotaajuusalueella 10 kHz–300 GHz, hyväksytty terveysministerin määräyksestä, N:o V-199, 2.3.2011. Säännöt työpaikoilla sallittujen sähkömagneettisten kenttien voimakkuustasojen määrittämiseen, hyväksytty terveysministerin määräyksestä, N:o 28, 18.1.2001.
Luxemburg	Conditions d'exploitation pour les émetteurs d'ondes électromagnétiques à haute fréquence, ITM-CL 179.4
Puola	EU Directive, ICNIRP Guidelines and Polish Legislation on Electromagnetic Fields, <i>International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)</i> , 12(2), 125–136 Exposure of Workers to Electromagnetic Fields. A Review of Open Questions on Exposure Assessment Techniques, <i>International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)</i> , 15(1), 3–33
Ranska	Hygiène et sécurité du travail no 233 Décembre 2013 (vastushitsaus) INRS, Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques, Guide d'évaluation des risques
Romania	MONITORUL OFICIAL AL ROMANIEI Anul 175 (XIX) – Nr. 645, Vineri, 21 septembrie 2007
Saksa	BGV B11, Unfallverhütungsvorschrift, Elektromagnetische Felder BGR B11, Berufsgenossenschaftliche Regel, Elektromagnetische Felder BGI 5011, Beurteilung magnetischer Felder von Widerstandsschweißeinrichtungen BGI/GUV-I 5111, Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder IFA-raportti 4/2013, Elektromagnetische Felder an handgeführten Mittelfrequenz-/Inverter-Punktschweißzangen IFA-raportti 5/2011, Elektromagnetische Felder an Anlagen, Maschinen und Geräten IFA-raportti 2/2009, Electromagnetic fields at handheld spot-welding guns Hannah Heinrich (2007). Assessment of non-sinusoidal, pulsed, or intermittent exposure to low frequency electric and magnetic fields, <i>Health Physics</i> , 92, (6) BMAS-Forschungsbericht FB 400-E, Electromagnetic fields at workplace, ISSN 0174-4992

Suomi	<p>Toimintamalli RF-kenttien aiheuttamissa tapaturmaisissa ylialtistumistilanteissa, Tommi Alanko, Harri Lindholm, Soile Jungewelter, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen (2013), ISBN 978-952-261-349-3 (PDF, FI), ISBN 978-952-261-393-6 (PDF, EN)</p> <p>Sydäntahdistimen häiriötön toiminta työympäristön sähkömagneettisissa kentissä, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen, Tommi Alanko, Harri Lindholm (2012), ISBN 978-952-261-212-0 (painettu), ISBN 978-952-261-213-7 (pdf, FI), ISBN 978-952-261-295-3 (pdf, EN)</p> <p>Turvallinen työskentely tukiasemien lähellä, Tommi Alanko, Maila Hietanen (2006), ISBN (vihko) 951-802-707-2, ISBN (PDF) 951-802-708-0</p> <p>Sähkömagneettiset kentät työympäristössä – Opaskirja työntekijöiden altistumisen arvioimiseksi, Maila Hietanen, Patrick von Nandelstadh, Tommi Alanko, ISBN 951-802-614-9, ISSN 1458-9311</p> <p>Työntekijöiden altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille, Tommi Alanko, Maila Hietanen, Patrick von Nandelstadh (2006), ISBN 951-802-667-X, ISSN 1458-9311</p> <p>Sydäntahdistinpotilaan työhön paluun tukeminen – Sähkömagneettisten häiriöriskien hallinta, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen, Tommi Alanko ja Harri Lindholm (2012), ISBN 978-952-261-204-5 (nid.), ISBN 978-952-261-205-2 (PDF)</p>
Tanska	<p>Asetus N:o 559 ”Työn suorittamisesta” Asetus N:o 513 asetuksen N:o 559 ”Työn suorittamisesta” muuttamisesta Ikke-ioniserende stråling, Vejledning om ikke-ioniserende stråling med frekvenser under 300 GHz D.6.1.1, Maj 2002</p> <p>At-VEJLEDNING, ARBEJDSSTEDETS INDRETNING – A.1.8, Gravide og ammendes arbejdsmiljø</p>
Viro	<p>Töökeskkonna füüsikaliste ohutegurite piirnõrmiid ja ohutegurite parameetrite mõõtmise kord</p>

I.4 Teollisuuden ohjeasiakirjat

Organisaatio	Ohjeasiakirja
Euroopan kloorialkali-teollisuuden yhdistys Euro Chlor	Electromagnetic Fields in the Chlorine Electrolysis Units: Health Effects, Recommended Limits, Measurement Methods and Possible Prevention Actions. HEALTH 3. 3rd edition, 2014

LIITE J

SANASTO JA LYHENTEET

J.1 Sanasto

Aallonpituus	Etäisyys samankaltaisten pisteiden välillä aallon toistuvissa jaksoissa. Yksikkö: metri. Symboli: m
Altistumisindeksi	Havaittu altistuminen jaettuna raja-arvolla. Jos altistumisindeksi on pienempi kuin yksi, altistuminen noudattaa raja-arvoa
Dielektrinen	Sähköeriste, joka voi polarisoitua sähkökentän vaikutuksesta
Dipoli	Antenni, joka koostuu sähköä johtavasta tangosta ja sen keskikohdassa olevasta kytkentäjohtimesta
Dosimetria	Laskelmat tai arvioinnit ihmiskehoon kertyvästä energiasta
Fosfeenit	Valovälähdyksiä, joita henkilö havaitsee ilman, että valo osuu hänen silmiinsä
Hallinnolliset toimenpiteet	Muut kuin tekniset turvallisuustoimenpiteet, kuten avainten hallinta, turvallisuuskoulutus ja varoituskyltit
Induktio	Induktio (sähkömagneettinen) tarkoittaa jännitteen tuottamista sähköjohtimessa, joka on altistuneena ajallisesti vaihtelevalla magneettikentälle
Ionisoimaton säteily	Säteily, joka ei saa aikaan ionisaatiota biologisessa kudoksessa. Esimerkkejä ovat ultraviolettisäteily, valo, infrapunasäteily ja radiotaajuussäteily
Joule	Energian yksikkö, joka vastaa yhden newtonin voimalla tehtyä työtä, joka liikuttaa esinettä yhden metrin matkan. Symboli: J
Jännite	Sähkön potentiaalieron yksikkö. Symboli: V
Kannettava radiopuhelin	Kädessä pidettävä kaksisuuntainen viestintälaitte, joka toimii ilman toimilupaa olevilla radiotaajuuksilla. Laitte tunnetaan muodollisemmin kädessä pidettävänä lähetin-vastaanottimena
Kansainvälinen ionisoimattoman säteilyn komitea (ICNIRP)	Riippumattomien tieteenharjoittajien elin, joka pyrkii levittämään tietoja ja neuvoja ionisoimattomalle säteilylle altistumisen potentiaalisista terveysvaaroista
Kohtisuora	Suorakulmainen (90 astetta)
Kohtuudella ennakoitava tapahtuma	Tapahtuman esiintyminen, joka tietyissä olosuhteissa voidaan ennustaa melko tarkasti ja jonka esiintymistodennäköisyys tai -tiheys ei ole matala tai hyvin matala
Kosketusvirta	Sähkövirta, joka kulkee henkilöön, kun tämä koskettaa sähköä johtavaa esinettä sähkömagneettisessa kentässä
Magneettijauhetaarkastus	Menetelmä, jolla voidaan havaita murtumia ja muita vikoja magneettisessa aineessa käyttämällä magneettijauhetta ja magneettikenttiä
Magneettiresonanssikuvaus	Lääketieteellinen kuvantamistekniikka, jossa käytetään voimakkaita magneettikenttiä ja korkeataajuisia sähkömagneettisia kenttiä yksityiskohtaisten kuvien tuottamiseen ihmiskehosta
Poikkeus	Lain tai asetuksen osittainen kumoaminen tietyissä olosuhteissa
Radiotaajuussäteily	Sähkömagneettinen säteily, jonka taajuusalueeksi määritellään yleensä 100 kHz–300 GHz
Riski	Vamman, vahingon tai vaurion todennäköisyys
Riskitekijä	Vaarallisen tapahtuman ja tapahtumasta seuraavan lopputuloksen tai vahingon esiintymistodennäköisyys
Siirtyminen	Säteilyn kulkeminen jossakin välineessä. Jos koko säteily ei absorboidukaan, säteilyä, joka kulkee välineen läpi, kutsutaan siirtyneeksi. Siirtyminen riippuu aallonpituudesta, polarisaatiosta, säteilyn voimakkuudesta ja siirtoaineesta
Siltajohdinlangalliset laitteet	Sytytin, joka käyttää sähkövirtaa langan höyryttämiseen: tästä aiheutuva sähköisku ja lämpö johtavat ympäröivän räjähtävän aineen syttymiseen
Sinimuotoinen	Vaihtelee tavalla, joka voidaan esittää trigonometrisenä sinifunktiona

Sähkömagneettinen spektri	Sähkömagneettinen spektri tarkoittaa sähkömagneettisen säteilyn kaikkia mahdollisia taajuuksia. Spektri ulottuu lyhyistä aallonpituuksista, kuten röntgensäteistä, näkyvän säteilyn kautta pitkien aallonpituuksien, kuten mikroaaltojen, televisio- ja radioaaltojen, säteilyyn
Sähkömagneettinen säteily	Sähkömagneettinen säteily on säteilyn muoto, joka koostuu sekä sähkö- että magneettikenttäkomponentista, joita voidaan kuvata valonnopeudella etenevinä aaltoina. Tietyissä olosuhteissa sähkömagneettisen säteilyn voidaan sanoa koostuvan hiukkasista, joita kutsutaan fotoneiksi
Taajuus	Jaksojen lukumäärä värähdysaikaa kohti. Symboli: f. Yksikkö: Hz
Tehotiheys	Säteilyn teho pinta-alayksikköä kohti (Wm^{-2})
Tekninen standardi	Asiakirja, jossa määritellään standardoitu lähestymistapa tiettyyn prosessiin
Tekninen valvonta	Harkittuun tekniseen suunnitteluun perustuvat turvallisuustoimenpiteet, joita olisi käytettävä säteilylle altistumista vähentävinä perusmenetelminä. Fyysinen keino ehkäistä säteilylle altistumista
Teollinen elektrolyysi	Suuren mittakaavan prosessi, jossa sähkövirta stimuloi muutoin ei-spontaanin kemiallisen reaktion
Toimintaankytkentälaitte (ks. Turvalukitus)	Mekaaninen, sähköinen tai muuntyyppinen laite, jonka tarkoituksena on estää laitetta toimimasta määrättyissä olosuhteissa
Tuotestandardi	Asiakirja, jossa määritellään tuotteen olennaiset ominaispiirteet ja mahdollistetaan näin valmistuksen yhdenmukaisuus ja laitteiden yhteentoimivuus
Turvalukitus	Mekaaninen, sähköinen tai muuntyyppinen laite, jonka tarkoituksena on estää laitetta toimimasta määrättyissä olosuhteissa
Vaara	Jokin, mikä voi aiheuttaa vahinkoa. Vaara voi kohdistua ihmisiin, omaisuuteen tai ympäristöön
Watti	Tehon yksikkö, vastaa yhden joulen energiaa per sekunti. Symboli: W
Wi-Fi	Järjestelmä, jossa sähkölaitteet, kuten tietokoneet, liitetään lähiverkkoon radiotaajuusviestinnän kautta
Vikaturvallinen	Vikaturvallinen komponentti on komponentti, jonka vioittuminen ei kasvata vaaraa, eli se vikaantuu turvallisesti. Vikatilassa järjestelmä pysähtyy tai tulee vaarattomaksi
Virrantiheys	Sähkövirta tai sähkövarauksen virtaus sähköä johtavassa välineessä, kuten kudoksessa, poikkipinta-alaa kohti. Yksikkö: ampeeria per neliometri. Symboli: A/m^2


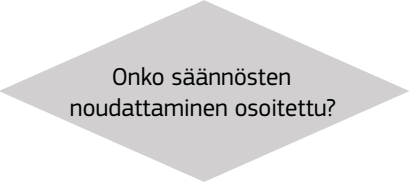

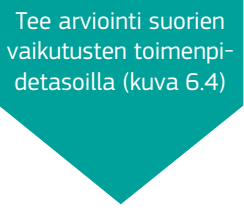

J.2 Lyhenteet

AIMD	Aktiiviset implantoitavat lääkinälliset laitteet
AL	Toimenpidetaso
AM	Amplitudimodulaatio
BSS	Perusnormit
Cenelec	Euroopan sähkötekniikan standardointikomitea
CNS	Keskushermosto
DECT	Digitaalinen johdoton tietoliikenne
DVD	digitaalinen monikäyttölevy
EI	Altistumisindeksit
ELF	Erittäin pieni taajuus
ELV	Altistumisen raja-arvo
EMF	Sähkömagneettiset kentät
ERP	Suuntateho
FD	Äärellinen erotus

FDTD	Äärellisten erotusten menetelmä aika-akselilla
FEM	Äärellisten elementtien menetelmä
HF	Suurtaajuus
ICNIRP	Kansainvälinen ionisoimattoman säteilyn komitea
IR	Infrapuna
IT	Tietotekniikka
LF	Pieni taajuus
MF	Välitaajuus
MFR	Monitaajuussääntö
MRI	Magneettiresonanssikuvaus
NMR	Ydinmagneettinen resonanssi
OiRA	Vuorovaikutteinen riskinarvioinnin verkkoympäristö
RC	Vastus-kondensaattori
RF	Radiotaajuus
RFID	Radiotaajuustunnistus
RMS	Neliöllinen keskiarvo
SA	Ominaisabsorptio
SAR	Ominaisabsorptionopeus
SHF	Hyvin suuri taajuus
SPFD	Skalaaripotentialin äärellinen erotus
STD	Muokattu aika-akseli -ominaisuus
TETRA	Digitaalinen yhteiskäyttöinen radioverkko
TV	Televisio
UHF	Erittäin suuri taajuus
UV	Ultravioletti
VHF	Hyvin suuri taajuus
VLF	Hyvin pieni taajuus
WBSAR	Koko kehon keskimääräinen ominaisabsorptionopeus
WLAN	Langaton lähiverkko.
WPM	Painotetun huippuarvon menetelmä

J.3 Vuokaavioiden symbolit

Taulukko J3 Tässä oppaassa käytetyt vuokaavioiden symbolit

Symboli	Kuvaus	Merkitys tässä oppaassa
 Lue oppaan luvut 1–3	Lopetusmerkki	Tarkoittaa toimenpiteen alkua ja loppua
 Onko säännösten noudattaminen osoitettu?	Päätös	Esittää kysymyksen, joka ohjaa käyttäjän jommallekummalle kahdesta vaihtoehtoisesta polusta, nämä on merkitty sanoilla Kyllä ja Ei.
 Lue luvut 4–8	Prosessi	Osoittaa etenemistä varten suoritettavan prosessin
 Tee arviointi suorien vaikutusten toimenpidetasoilla (kuva 6.4)	Merkki, joka viittaa toiselle sivulle	Käytetään linkkinä toiseen vuokaavioon. Nämä on värikoodattu alku- ja loppupisteiden osoittamiseksi.
 Ks. liitteen II taulukko B 2	Valmisteluvaihe	Kertoo, että käyttäjän on tehtävä valmistelee työtä vuokaavion tätä jaksoa varten. Viittaa värikoodattuun laatikkoon.

LIITE K

KIRJALLISUUSLUETTELO

K.1 Luku 5 – Riskien arviointi EMF-direktiivissä

Occupational Health and Safety Management Systems – Guidelines for the implementation of OHSAS 18001. PHASAS 18002:2000.

Forschungs Bericht 400-E, Electromagnetic fields at workplaces – A new scientific approach to occupational health and safety. ISSN 0174-4992.

K.2 Luku 9 – Suojaavat ja ehkäisevät toimenpiteet

ISO (International Organization for Standardization) (2011). Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs. ISO7010.

Melton, G., and Shaw, R. (2014), *Electromagnetic fields in the welding environment*, RR1018, HSE, London.

K.3 Luku 11 – Riskit, oireet ja terveydentilan seuranta

Alanko, T., Lindholm, H., Jungewelter, S., Tiikkaja, M., and Hietanen, M. (2014), *Operating model for managing accidental overexposure to RF- fields*, Helsinki, Finnish Institute of Occupational Health. ISBN 978-952-261-393-6.

K.4 Liite D – Altistumisen arviointi

De Santis, V., Chen, X. L., Laakso, I., and Hirata, A. (2013), On the issues related to compliance of LF pulsed exposures with safety standards and guidelines, *Phys Med Biol*, Vol. 58, s. 8597-8607.

HVBG (2001), Accident Prevention Regulation Electromagnetic Fields. BGV B11 <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/v-b11.pdf>

Heinrich, H. (2007), Assessment of non-sinusoidal, pulsed, or intermittent exposure to low frequency electric and magnetic fields, *Health Phys*, Vol. 92, No 6, s. 541-6.

ICNIRP (1998), ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic fields and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Phys*, Vol. 74, No 4, s. 494-522.

ICNIRP (2010), ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz-100 kHz), *Health Phys*, Vol. 99, No 6, s. 818-836.

ICNIRP (2014), ICNIRP guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz, *Health Phys*, Vol. 106, No 3, s. 418-425.

ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).

Jokela, K. (2000), Restricting exposure to pulsed and broadband magnetic fields, *Health Phys*, Vol. 79, No 4, s. 373-88.

K.5 Liite E – Epäsuorat vaikutukset ja riskeille erityisen alttiit työntekijät

German Social Accident Insurance Association (2012). Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder. BGI/GUV-I 5111.

NRPB (2004), Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0–300 GHz), *Documents of the NRPB*, Vol. 15, No 3.

K.6 Liite F – Magneettiresonanssikuvaus

Calamante, F., Faulkner, WH Jr, Ittermann, B., Kanal, E., Kimbrell, V., Owman, T., Reeder, S.B., Sawyer, A.M., Shellock, F.G. and van den Brink, J.S. on behalf of the ISMRM Safety Committee (2014), MR system operator: minimum requirements for performing MRI in human subjects in a research setting, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, doi: 10.1002/jmri.24717.

Capstick, M., McRobbie, D., Hand, J., Christ, A., Kühn, S., Hansson Mild, K., Cabot, E., Li, Y., Melzer, A., Papadaki, A., Prüssmann, K., Quest, R., Rea, M., Ryf, S., Oberle, M., and Kuster, N. (2008), An investigation into occupational exposure to electromagnetic fields for personnel working with and around medical magnetic resonance imaging equipment, Project Report VT/2007/017.

CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) (2010). Medical electrical equipment – Part 2-33: Particular requirements for the basic safety and essential performance of magnetic resonance equipment for medical diagnosis. EN60601-2-33.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2004), Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients, *Health Phys*, Vol. 87, s. 197–216.

ICNIRP (2009), Amendment to the ICNIRP “statement on medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients”, *Health Phys*, Vol. 97, No 3, 259–261.

McRobbie, DW (2012) , Occupational exposure in MRI, *Br J Radiol*, Vol. 85, s. 293–312.

MRI Working Group (2008), *Using MRI safely – practical rules for employees*, RIVM, Bilthoven, Netherlands.

Stam, R. (2008), *The EMF Directive and protection of MRI workers*, RIVM Report 610703001/2008, RIVM, Bilthoven, Netherlands.

Stam, R. (2014), The revised electromagnetic fields directive and worker exposure in environments with high magnetic flux densities, *Ann Occup Hyg*, Vol. 58, No 5, s. 529–541.

LIITE L

DIREKTIIVI 2013/35/EU

(EMF-DIREKTIIVI)

I

(Lainsäätämisyjärjestyksessä hyväksyttävät säädökset)

DIREKTIIVIT

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2013/35/EU,

annettu 26 päivänä kesäkuuta 2013,

terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille (kahdeskymmenes direktiivin 89/391/EY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi) ja direktiivin 2004/40/EY kumoamisesta

EUROOPAN PARLAMENTTI JA EUROOPAN UNIONIN NEUVOSTO,
jotka

ottavat huomioon Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen ja erityisesti sen 153 artiklan 2 kohdan,

ottavat huomioon Euroopan komission ehdotuksen,

sen jälkeen kun esitys lainsäätämisyjärjestyksessä hyväksyttäväksi säädökseksi on toimitettu kansallisille parlamenteille,

ottavat huomioon Euroopan talous- ja sosiaalikomitean lausunnon ⁽¹⁾,

ovat kuulleet alueiden komiteaa,

noudattavat tavallista lainsäätämisyjärjestystä ⁽²⁾,

sekä katsovat seuraavaa:

- (1) Perussopimuksen mukaan Euroopan parlamentti ja neuvosto voivat antaa direktiivein säännökset vähimmäisvaatimuksista, joilla edistetään erityisesti työympäristön parantamista, taatakseen näin korkeatasoisemman työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelun. Näissä direktiiveissä on vältettävä säätämästä sellaisia hallinnollisia, taloudellisia ja oikeudellisia rasituksia, jotka vaikeuttaisivat pienten ja keskisuurten yritysten perustamista taikka niiden kehittämistä.
- (2) Euroopan unionin perusoikeuskirjan 31 artiklan 1 kohdassa määrätään, että jokaisella työntekijällä on oikeus terveellisiin, turvallisiin ja ihmisarvoisiin työoloihin ja työehtoihin.

- (3) Terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille (kahdeksastoista direktiivin 89/391/EY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi) 29 päivänä huhtikuuta 2004 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2004/40/EY ⁽³⁾ voimaantulon jälkeen erityisesti lääketieteen alan sidosryhmät ilmaisivat vakavan huolestumisensa direktiivin täytäntöönpanon mahdollisista vaikutuksista lääketieteelliseen kuvantamiseen perustuvien lääketieteellisten toimenpiteiden käyttöön. Huolta herättivät myös direktiivin vaikutukset tiettyihin teollisiin toimintoihin.

- (4) Komissio tutki huolellisesti sidosryhmien esittämiä väitteitä ja useiden kuulemisten jälkeen päätti tarkastella perusteellisesti uudelleen joitakin direktiivin 2004/40/EY säännöksiä kansainvälisesti tunnustettujen asiantuntijoiden esittämien uusien tieteellisten tietojen perusteella.

- (5) Direktiiviä 2004/40/EY muutettiin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivillä 2008/46/EY ⁽⁴⁾, jolla lykättiin neljällä vuodella direktiivin 2004/40/EY täytäntöönpanon määräaika, ja myöhemmin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivillä 2012/11/EU ⁽⁵⁾, jolla lykättiin mainittua täytäntöönpanon määräaika 31 päivään loka-kuuta 2013. Näin komissio pystyi tekemään uuden ehdotuksen ja lainsäädäntövallan käyttäjät pystyivät hyväksymään uuden direktiivin, joka perustuu tuoreempaan ja luotettavampaan näyttöön.

- (6) Direktiivi 2004/40/EY olisi kumottava, ja olisi otettava käyttöön asianmukaisempia ja oikeasuhteisempia toimenpiteitä työntekijöiden suojelemiseksi sähkömagneettisiin kenttiin liittyviltä riskeiltä. Mainitussa direktiivissä ei kuitenkaan käsitellä pitkäaikaisia vaikutuksia, mukaan luettuina ajan mukaan vaihteleville sähkö-, magneetti- ja

⁽¹⁾ EUVL C 43, 15.2.2012, s. 47.

⁽²⁾ Euroopan parlamentin kanta, vahvistettu 11. kesäkuuta 2013 (ei vielä julkaistu virallisessa lehdessä), ja neuvoston päätös, tehty 20. kesäkuuta 2013.

⁽³⁾ EUVL L 159, 30.4.2004, s. 1.

⁽⁴⁾ EUVL L 114, 26.4.2008, s. 88.

⁽⁵⁾ EUVL L 110, 24.4.2012, s. 1.

sähkömagneettisille kentille altistumisesta johtuvat mahdolliset karsinogeeniset vaikutukset, joista ei tällä hetkellä ole luotettavaa tieteellistä näyttöä, joka vahvistaisi syy-yhteyden. Tällä direktiivillä pyritään käsittelemään kaikkia tunnettuja, sähkömagneettisten kenttien aiheuttamia suoria ja epäsuoria biofysikaalisia vaikutuksia, jotta voidaan sekä varmistaa jokaisen yksittäisen työntekijän terveys ja turvallisuus että luoda perusta kaikkien työntekijöiden vähimmäis-suojalle unionissa ja vähentää samalla mahdollisia kilpailun vääristymiä.

- (7) Tässä direktiivissä ei käsitellä sähkömagneettisille kentille altistumisen väitettyjä pitkäaikaisia vaikutuksia, sillä syy-yhteydestä ei tällä hetkellä ole vakiintunutta tieteellistä näyttöä. Jos tällaista vakiintunutta tieteellistä näyttöä kuitenkin saadaan, komission olisi harkittava asianmukaisinta tapaa tällaisten vaikutusten käsittelemiseksi ja sen olisi tiedotettava asiasta Euroopan parlamentille ja neuvostolle kertomuksessaan tämän direktiivin käytännön täytäntöönpanosta. Näin toimiessaan komission olisi jäsenvaltioilta saamiensa asianmukaisten tietojen lisäksi otettava huomioon tämän alan tietoihin perustuvat uusimmat saatavilla olevat tutkimustulokset ja uusi tieteellinen tietämys.
- (8) Olisi säädettävä vähimmäisvaatimuksista, ja siten annettava jäsenvaltioille mahdollisuus pitää voimassa tai antaa tiukempia työsuojelumääräyksiä ja erityisesti asettaa alempia toimenpidetasojen arvoja tai sähkömagneettisille kentille altistumisen raja-arvoja. Tämän direktiivin täytäntöönpanoa ei kuitenkaan olisi käytettävä perusteena jäsenvaltiossa vallitsevan tilanteen heikentämiseksi.
- (9) Sähkömagneettisilta kentiltä suojaamiseksi perustettavassa järjestelmässä olisi rajoitettava tarpeetonta yksityiskohtaisuutta välttämällä määrittelemään saavutettavat tavoitteet, noudatettavat periaatteet ja käytettävät perusarvot, jotta jäsenvaltiot voivat soveltaa vähimmäisvaatimuksia samalla tavoin.
- (10) Sähkömagneettisille kentille altistuneiden työntekijöiden suojeleminen edellyttää toimivan ja tehokkaan riskinarvioinnin tekemistä. Tämän veloitteen olisi kuitenkin oltava oikeassa suhteessa työpaikalla vallitsevaan tilanteeseen. Sen vuoksi on aiheellista määritellä suojelujärjestelmä, joka ryhmittelee eri riskit yksinkertaisella, asteittaisella ja helposti ymmärrettävällä tavalla. Näin viittaaminen indikaattoreihin ja vakiotilanteisiin käytännön ohjeissa on hyödyllistä ja auttaa työnantajia täyttämään velvoitteensa.
- (11) Ei-toivotut vaikutukset ihmiskehoon riippuvat altistumisen aiheuttavan sähkömagneettisen kentän tai säteilyn taajuudesta, minkä vuoksi altistusrajoitusjärjestelmien on

oltava altistumistyyppistä ja taajuudesta riippuvaisia, jotta voidaan suojella riittävästi sähkömagneettisille kentille altistuvia työntekijöitä.

- (12) Sähkömagneettisille kentille altistumista voidaan vähentää tehokkaammin ottamalla ehkäisevät toimenpiteet huomioon jo työpisteitä suunniteltaessa sekä antamalla valittaessa työvälineitä, -menettelyjä ja -menetelmiä etusija sille, että riskejä vähennetään ensisijaisesti jo niiden alkulähteellä. Työvälineisiin ja -menetelmiin liittyvillä säännöksillä edistetään siten työntekijöiden suojelua. On kuitenkin tarpeen välttää arviointien päällekkäisyyttä, jos työvälineet täyttävät unionin tuotteita koskevan asianmukaisen lainsäädännön vaatimukset, joissa on tiukemmat turvallisuusastat kuin tässä direktiivissä. Näin ollen suuressa osassa tapauksia voidaan tehdä yksinkertaistettu arviointi.
- (13) Työnantajien olisi tehtävä tekniseen kehitykseen ja sähkömagneettisille kentille altistumisen riskejä koskevaan tieteelliseen tietämykseen perustuvia mukautuksia parantaakseen työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelua.
- (14) Koska tämä direktiivi on toimenpiteistä työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden parantamisen edistämiseksi työssä 12 päivänä kesäkuuta 1989 annetun neuvoston direktiivin 89/391/ETY⁽¹⁾ 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi, direktiiviä 89/391/ETY sovelletaan työntekijöiden sähkömagneettisille kentille altistumiseen, sanotun kuitenkaan rajoittamatta tässä direktiivissä olevien tiukempien ja/tai yksityiskohtaisempien säännösten soveltamista.
- (15) Tässä direktiivissä säädetyt fysikaaliset suuret, altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot perustuvat Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komission (ICNIRP) suosituksiin, ja ne olisi ymmärrettävä ICNIRPin käsitteiden mukaisesti, jollei tässä direktiivissä toisin säädetä.
- (16) Sen varmistamiseksi, että tämä direktiivi pysyy ajan tasalla komissiolle olisi siirrettävä valta hyväksyä säädösvalan siirron nojalla annettavia delegoituja säädöksiä Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen 290 artiklan mukaisesti, jotta se voi tehdä puhtaasti teknisiä muutoksia liitteisiin teknisestä yhdenmukaistamisesta ja standardoinnista annettavien asetusten ja direktiivien mukaisesti ja tekniikan kehityksen, merkittävimmässä standardeissa tai eritelmissä tapahtuvien muutosten sekä sähkömagneettisten kenttien aiheuttamia vaaroja koskevien uusien tieteellisten tutkimustulosten mukaisesti ja jotta se voi mukauttaa toimenpidetasoja. On erityisen tärkeää, että komissio asiaa valmistellessaan toteuttaa asianmukaiset kuulemiset, myös asiantuntijatasolla. Komission olisi delegoituja säädöksiä valmistellessaan ja laatiessaan varmistettava, että asianomaiset asiakirjat toimitetaan Euroopan parlamentille ja neuvostolle yhtäaikaaisesti, hyvissä ajoin ja asianmukaisesti.

⁽¹⁾ EYVL L 183, 29.6.1989, s. 1.

- (17) Jos tulee tarve tehdä puhtaasti teknisiä muutoksia liitteisiin, komission olisi tehtävä tiivistä yhteistyötä neuvoston 22 päivänä heinäkuuta 2003 tekemällä päätöksellä⁽¹⁾ perustetun työturvallisuuden ja työterveyden neuvoa-antavan komitean kanssa.
- (18) Komission antamiin delegoituihin säädöksiin olisi voitava soveltaa kiireellistä menettelyä, kun tämä on tarpeen erittäin kiireellisissä poikkeustapauksissa, jotka liittyvät esimerkiksi mahdolliseen työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen kohdistuvaan välittömään riskiin, joka johtuu altistumisesta sähkömagneettisille kentille.
- (19) Jäsenvaltiot ovat selittävästä asiakirjoista 28 päivänä syyskuuta 2011 annetun jäsenvaltioiden ja komission yhteisen poliittisen lausuman⁽²⁾ mukaisesti sitoutuneet perustelluissa tapauksissa liittämään ilmoitukseen toimenpiteitä, jotka koskevat direktiivin saattamista osaksi kansallista lainsäädäntöä, yhden tai useamman asiakirjan, joista käy ilmi direktiivin osien ja kansallisen lainsäädännön osaksi saattamiseen tarkoitettujen välineiden vastaavien osien suhde. Tämän direktiivin osalta lainsäätäjät pitää tällaisten asiakirjojen toimittamista perusteltuna.
- (20) Altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot sisältävää järjestelmää olisi tapauksen mukaan pidettävä keinona, jonka avulla on helpompi tarjota korkeatasoinen suoja sellaisia haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, jotka saattavat johtua altistumisesta sähkömagneettisille kentille. Tällainen järjestelmä saattaa kuitenkin olla ristiriidassa tietyn toiminnan tiettyjen edellytysten kanssa, esimerkkinä magneettiresonanssitekniikan käyttö lääketieteen alalla. Sen vuoksi on tarpeen ottaa nämä erityisedellytykset huomioon.
- (21) Puolustusvoimien erityispiirteiden vuoksi ja niiden tehokkaan toiminnan ja yhteentoimivuuden varmistamiseksi, myös yhteisissä kansainvälisissä sotilasharjoituksissa, jäsenvaltioiden olisi voitava panna täytäntöön vastaavia tai erityisluonteisempia suojelujärjestelmiä, esimerkiksi Naton standardien kaltaisia, kansainvälisesti hyväksytyjä standardeja, edellyttäen, että haitalliset terveysvaikutukset ja turvallisuusriskit estetään.
- (22) Työnantajilla olisi oltava velvollisuus varmistaa, että sähkömagneettisista kentistä työpaikalla aiheutuvat riskit poistetaan tai että ne ovat mahdollisimman vähäisiä. On kuitenkin mahdollista, että tässä direktiivissä asetetut altistumisen raja-arvot tietyissä asianmukaisesti perustelluissa tapauksissa ylittyvät vain tilapäisesti. Tällaisessa tapauksessa työnantajilla olisi oltava velvollisuus toteuttaa tarvittavia toimia, jotta tilanne saadaan mahdollisimman pian altistumisen raja-arvojen mukaiseksi.
- (23) Järjestelmässä, jossa on tarkoitus taata korkeatasoinen suoja sähkömagneettisille kentille altistumisesta mahdollisesti seuraavia haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, olisi otettava asianmukaisesti huomioon erityiset työntekijäryhmät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, ja olisi vältettävä häiritseviä tai muita vaikutuksia

lääkinnällisten laitteiden, kuten metallisten proteesien, sydämentahdistimien, kammionvärinänpoistajien ja sisäkorvaistutteen ja muiden istutteen tai kehon ulkopuolella mukana kannettavien lääkinällisten laitteiden, toimintaan. Erityisesti sydämentahdistimen toiminta voi häiriintyä myös säteilytason ollessa alle toimenpidetasojen, joten sydämentahdistimien osalta olisi sovellettava asianmukaisia varotoimia ja suojatoimenpiteitä,

OVAT HYVÄKSYNEET TÄMÄN DIREKTIIVIN:

I LUKU

YLEISET SÄÄNNÖKSET

1 artikla

Kohde ja soveltamisala

1. Tässä direktiivissä, joka on kahdeskymmenes direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi, säädetään vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi heidän terveyteensä ja turvallisuuteensa kohdistuvilta riskeiltä, jotka aiheutuvat tai saattavat aiheutua sähkömagneettisille kentille altistumisesta työssä.

2. Tämä direktiivi koskee kaikkia tunnettuja, sähkömagneettisten kenttien aiheuttamia suoria biofysikaalisia vaikutuksia ja epäsuoria vaikutuksia.

3. Tässä direktiivissä säädetyt altistumisen raja-arvot koskevat ainoastaan sellaisia lyhytaikaisten suorien biofysikaalisten vaikutusten ja sähkömagneettisille kentille altistumisen välisiä yhteyksiä, jotka ovat tieteellisesti vakiintuneita.

4. Tämä direktiivi ei koske väitettyjä pitkäaikaisia vaikutuksia.

Komissio seuraa tieteen alalla tapahtunutta kehitystä. Jos väitteistä pitkäaikaisista vaikutuksista tulee saataville vakiintunutta tieteellistä näyttöä, se harkitsee asianmukaista toimintapolitiikkaa ja esittää tarvittaessa säädösehdotuksen, jossa käsitellään tällaisia vaikutuksia. Komissio tiedottaa asiasta Euroopan parlamentille ja neuvostolle 15 artiklassa tarkoitettua kertomuksensa tämän direktiivin käytännön täytäntöönpanosta.

5. Tämä direktiivi ei koske riskejä, jotka aiheutuvat kontaktista jännitteisiin johtimiin.

6. Direktiivin 89/391/ETY säännöksiä sovelletaan edelleen kaikilta osin koko 1 kohdassa tarkoitettuna alalla, sanotun kuitenkin rajoittamatta tähän direktiiviin sisältyvien tiukempien ja/tai yksityiskohtaisempien säännösten soveltamista.

2 artikla

Määritelmät

Tässä direktiivissä tarkoitetaan:

- a) 'sähkömagneettisilla kentillä' staattisia sähkökenttiä, staattisia magneettikenttiä ja ajallisesti vaihtelevia sähkökenttiä, magneettikenttiä ja sähkömagneettisia kenttiä, joiden taajuus on enintään 300 GHz;

⁽¹⁾ EYVL C 218, 13.9.2003, s. 1.

⁽²⁾ EUVL C 369, 17.12.2011, s. 14.

- b) 'suorilla biofysikaalisilla vaikutuksilla' sähkömagneettisessa kentässä olevassa ihmiskehossa kentän johdosta ilmeneviä suoria vaikutuksia, mukaan lukien
- i) lämpövaikutukset, kuten kudosten lämpeneminen sähkömagneettisista kentistä peräisin olevan energian absorboitua kudokseen;
 - ii) muut kuin lämpövaikutukset, kuten lihasten, hermojen tai aistielinten stimulaatio. Näillä vaikutuksilla saattaa olla haitallista vaikutusta altistuneiden työntekijöiden henkiseen ja fyysiseen terveyteen. Lisäksi aistinelinten stimulaatio voi aiheuttaa hetkellisiä oireita kuten huimausta tai verkkokalvon fosfeeni-ilmiötä. Nämä vaikutukset voivat aiheuttaa tilapäistä häiriötä tai vaikuttaa kognitioon tai muihin aivo- tai lihastoimintoihin ja voivat näin vaikuttaa työntekijän kykyyn työskennellä turvallisesti eli aiheuttaa turvallisuusriskejä; ja
 - iii) raajassa kulkevat virrat;
- c) 'epäsuorilla vaikutuksilla' sähkömagneettisessa kentässä olevassa kohteessa kentän johdosta ilmeneviä vaikutuksia, joista voi tulla turvallisuus- tai terveysvaaran syy, esimerkiksi
- i) häiriöt lääkinnällisissä sähköisissä laitteissa, mukaan luettuina sydämentahdistimet ja muut implantoidut tai kehon ulkopuolella mukana kannettavat lääkinnälliset laitteet;
 - ii) ferromagneettisten esineiden aiheuttama sinkoutumisriski staattisissa magneettikentissä;
 - iii) sähköisesti ohjattavien räjähtävien laitteiden laukeaminen (sytyttimet);
 - iv) indusoituvien kenttien, kosketusvirtojen tai kipinäpurkausten synnyttämän kipinöinnin aiheuttamasta herkästi syttyvien aineiden syttymisestä johtuvat tulipalot ja räjähdykset; ja
 - v) kosketusvirta;
- d) 'altistumisen raja-arvoilla' arvoja, jotka on asetettu biofysikaalisten ja biologisten tekijöiden, erityisesti tieteellisesti vakiintuneiden lyhytaikaisten ja akuuttien suorien vaikutusten eli lämpövaikutusten ja kudosten sähköisen stimulaation, perusteella;
- e) 'terveysvaikutusraja-arvoilla' niitä terveysvaikutuksia aiheuttavan altistumisen raja-arvoja, joiden ylittyessä työntekijöille saattaa aiheutua haitallisia terveysvaikutuksia kuten kudosten lämpenemistä tai hermo- ja lihaskudoksen stimuloitumista;
- f) 'aistimusraja-arvoilla' niitä aistinelimiin kohdistuvia vaikutuksia aiheuttavan altistumisen raja-arvoja, joiden ylittyessä työntekijöille saattaa aiheutua hetkellisesti aistihavaintojen häiriötä ja aivotoiminnan vähäisiä muutoksia;

- g) 'toimenpidetasoilla' toiminnallisia tasoja, jotka on vahvistettu yksinkertaistamaan menettelyä, jolla osoitetaan asianomaisten altistumisen raja-arvojen noudattaminen, tai joilla tarvittaessa toteutetaan tämän direktiivin mukaiset asiaankuuluvat suojaavat tai ehkäisevät toimenpiteet.

Liitteessä II käytetään seuraavia toimenpidetasoja koskevia ilmaisuja:

- i) sähkökenttien osalta "matala toimenpidetaso" ja "korkea toimenpidetaso" tarkoittavat tasoja, jotka liittyvät tässä direktiivissä määriteltyihin erityisiin suojaaviin tai ehkäiseviin toimenpiteisiin; ja
- ii) magneettikenttien osalta "matala toimenpidetaso" tarkoittaa tasoa, joka on yhteydessä aistimusraja-arvoon, ja "korkea toimenpidetaso" tasoa, joka on yhteydessä terveysvaikutusraja-arvoon.

3 artikla

Altistumisen raja-arvot ja toimenpidetasot

1. Sähkömagneettisille kentille altistumiseen liittyvät fysikaaliset suuret esitetään liitteessä I. Liitteissä II ja III esitetään terveysvaikutusraja-arvot, aistimusraja-arvot ja toimenpidetasot.

2. Jäsenvaltioiden on vaadittava työnantajilta sen varmistamista, että työntekijöiden altistuminen sähkömagneettisille kentille rajoitetaan liitteessä II muiden kuin lämpövaikutusten ja liitteessä III lämpövaikutusten osalta esitettyjen terveysvaikutusraja-arvojen ja aistimusraja-arvojen mukaiseksi. Terveysvaikutusraja-arvojen ja aistimusraja-arvojen noudattaminen on osoitettava käyttämällä 4 artiklassa tarkoitettuja asiaankuuluvia altistumisen arviointimenettelyjä. Mikäli työntekijöiden altistuminen ylittää altistumisen raja-arvot, työnantajan on toteutettava toimia viipymättä 5 artiklan 8 kohdan mukaisesti.

3. Tätä direktiiviä sovellettaessa työnantajan katsotaan noudattavan terveysvaikutusraja-arvoja ja aistimusraja-arvoja silloin, kun osoitetaan, että liitteessä II ja III esitetyt asianomaiset toimenpidetasot eivät ylitä. Jos altistuminen ylittää toimenpidetasot, työnantajan on toimittava 5 artiklan 2 kohdan mukaisesti, ellei 4 artiklan 1, 2 ja 3 kohdan mukaisesti toteutettu arviointi osoita, että asianomaiset altistumisen raja-arvot eivät ylitä ja että turvallisuusriskit voidaan sulkea pois.

Sen estämättä, mitä ensimmäisessä alakohdassa säädetään, altistuminen voi kuitenkin ylittää:

- a) sähkökenttien matalan toimenpidetason (liite II, taulukko B1), kun se on perusteltua käytännön syistä tai menetelmän vuoksi, edellyttäen joko sitä, että aistimusraja-arvot (liite II, taulukko A3) eivät ylitä; tai sitä, että
 - i) terveysvaikutusraja-arvot (liite II, taulukko A2) eivät ylitä;

- ii) liian suuria kipinäpurkauksia ja kosketusvirtoja (liite II, taulukko B3) ehkäistään 5 artiklan 6 kohdassa esitetyillä erityisillä suojaavilla toimenpiteillä; ja
- iii) työntekijöille on annettu tietoa 6 artiklan f alakohdassa tarkoitetuista tilanteista;
- b) magneettikenttien matalan toimenpidetason (liite II, taulukko B2), kun se on perusteltua käytännön syistä tai menetelmän vuoksi, myös päässä ja ylävartalossa, vuoron aikana, edellyttäen, joko että aistimusraja-arvoja (liite II, taulukko A3) ei ylitetä; tai että
- i) aistimusraja-arvojen ylittyminen on vain tilapäistä;
- ii) terveysvaikutusraja-arvot (liite II, taulukko A1) eivät ylitä;
- iii) toteutetaan 5 artiklan 9 kohdan mukaisia toimia, mikäli ilmenee mainitun kohdan a alakohdan mukaisia hetkellisiä oireita; ja
- iv) työntekijöille on annettu tietoa 6 artiklan f alakohdassa tarkoitetuista tilanteista.
4. Sen estämättä mitä 2 ja 3 kohdassa säädetään, altistuminen voi ylittää:
- a) aistimusraja-arvot (liite II, taulukko A1) vuoron aikana, kun se on perusteltua käytännön syistä tai menetelmän vuoksi, edellyttäen, että
- i) ylittyminen on vain tilapäistä;
- ii) terveysvaikutusraja-arvot (liite II, taulukko A2) eivät ylitä;
- iii) on toteutettu erityisiä suojaavia toimenpiteitä 5 artiklan 7 kohdan mukaisesti;
- iv) toteutetaan 5 artiklan 9 kohdan mukaisia toimia, mikäli ilmenee mainitun kohdan b alakohdan mukaisia hetkellisiä oireita; ja
- v) työntekijöille on annettu tietoa 6 artiklan f alakohdassa tarkoitetuista tilanteista;
- b) aistimusraja-arvot (liite II, taulukko A3 ja liite III, taulukko A2) vuoron aikana, kun se on perusteltua käytännön syistä tai menetelmän vuoksi, edellyttäen, että
- i) ylittyminen on vain tilapäistä;
- ii) terveysvaikutusraja-arvot (liite II, taulukko A2 ja liite III, taulukko A1 ja taulukko A3) eivät ylitä;

iii) toteutetaan 5 artiklan 9 kohdan mukaisia toimia, mikäli ilmenee mainitun kohdan a alakohdan mukaisia hetkellisiä oireita; ja

iv) työntekijöille on annettu tietoa 6 artiklan f alakohdassa tarkoitetuista tilanteista.

II LUKU

TYÖNANTAJIEN VELVOLLISUUDET

4 artikla

Riskien arviointi ja altistumisen määrittely

1. Työnantajan on direktiivin 89/391/EY 6 artiklan 3 kohdassa ja 9 artiklan 1 kohdassa säädettyjä velvollisuuksia täyttäessään arvioitava kaikkia sähkömagneettisista kentistä työpaikalla työntekijöille aiheutuvia riskejä ja tarvittaessa mitattava tai laskettava sähkömagneettisten kenttien tasot, joille työntekijät altistuvat.

Tämä arviointi voidaan julkistaa pyynnöstä asiaa koskevan unionin ja kansallisen lainsäädännön mukaisesti, sanotun kuitenkin rajoittamatta direktiivin 89/391/EY 10 artiklan ja tämän direktiivin 6 artiklan soveltamista. Erityisesti kun arvioinnin aikana käsitellään työntekijöiden henkilötietoja, julkistamisen yhteydessä on noudatettava yksilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä ja näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta 24 päivänä lokakuuta 1995 annettua Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 95/46/EY⁽¹⁾ sekä kyseisen direktiivin täytäntöön pannaavia jäsenvaltioiden kansallisia lakeja. Viranomaiset, joilla on hallussaan kyseinen arviointi, voivat evätä arviointiin tutustumista tai sen julkistamista koskevan pyynnön, jos sen sisältämien tietojen ilmaiseminen vahingoittaisi työnantajan taloudellisten etujen, mukaan lukien teollis- ja tekijänoikeudet, suoja, jollei pakottava yleinen etu edellytä ilmaisemista. Työnantaja voi kieltäytyä julkistamasta arviointia tai ilmaisemasta siihen sisältyviä tietoja samoin ehdoin asiaa koskevan unionin ja kansallisen lainsäädännön mukaisesti.

2. Tämän artiklan 1 kohdassa säädettyä arviointia varten työnantajan on yksilöitävä ja arvioitava työpaikan sähkömagneettiset kentät ottaen huomioon asianomaiset 14 artiklassa tarkoitettujen käytännön oppaat ja muut asiaa koskevat standardit tai asianomaisten jäsenvaltioiden toimittamat ohjeet, mukaan lukien altistumista koskevat tietokannat. Sen estämättä, mitä tässä artiklassa säädetään työnantajan velvollisuuksista, työnantajalla on tilanteen mukaan myös oltava oikeus ottaa huomioon säteilyemission tasot ja muut aiheelliset turvallisuuteen liittyvät tiedot, jotka valmistaja tai jakelija on antanut laitetta varten asiaa koskevan unionin oikeuden mukaisesti, mukaan lukien riskien arviointi, mikäli se on sovellettavissa altistumisolosuhteisiin työpaikalla tai asennuspaikalla.

3. Mikäli altistumisen raja-arvojen noudattamista ei voida luotettavasti määrittää helposti saatavilla olevien tietojen pohjalta, altistumista on arvioitava mittauksen tai laskelmien perusteella. Tällöin arvioinnissa on otettava huomioon mittauksiin tai laskelmiin liittyvät epävarmuustekijät, kuten numeeriset virheet, lähteiden mallintaminen, fantomigeometria ja kudosten ja materiaalien sähköiset ominaisuudet, jotka on määritetty asiaa koskevan hyvän käytännön mukaisesti.

⁽¹⁾ EYVL L 281, 23.11.1995, s. 31.

4. Pätevien palveluntuottajien tai henkilöiden on suunniteltava ja suoritettava tämän artiklan 1, 2 ja 3 kohdassa tarkoitetut arvioinnit, mittaukset ja laskelmat sopivin väliajoin ottaen huomioon tämän direktiivin mukaisesti annetut ohjeet ja pannen erityisesti merkille direktiivin 89/391/ETY 7 ja 11 artiklan, jotka koskevat tarpeellisia päteviä palveluntuottajia tai henkilöitä sekä työntekijöiden kuulemista ja osallistumista. Altistumisen tason arvioinnista, mittauksesta tai laskemisesta saadut tiedot on säilytettävä sopivassa jäljitettävyyden mahdollistavassa muodossa mahdollista myöhempää käyttöä varten kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti.

5. Työnantajan on direktiivin 89/391/ETY 6 artiklan 3 kohdan mukaisesti otettava riskinarvioinnissa huomioon erityisesti seuraavat seikat:

- a) terveysvaikutusraja-arvot, aistimusraja-arvot ja toimenpidetasot, joita tarkoitetaan tämän direktiivin 3 artiklassa sekä liitteissä II ja III;
- b) altistumisen tiheys, taso, kesto ja tyyppi, mukaan lukien jakautuminen työntekijöiden keholle ja työpaikkatilalle;
- c) suorat biofysiset vaikutukset;
- d) mahdolliset vaikutukset riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen, erityisesti ottaen huomioon työntekijät, joilla on aktiivinen tai passiivinen implantaatio lääkinällinen laite, kuten sydämentahdistin, työntekijät, joilla on kehon ulkopuolella mukana kannettava lääkinällinen laite, kuten insuliinipumppu, ja raskaana olevat työntekijät;
- e) mahdolliset epäsuorat vaikutukset;
- f) sellaisten korvaavien laitteiden olemassaolo, jotka on suunniteltu vähentämään sähkömagneettisille kentille altistumista;
- g) 8 artiklassa tarkoitettussa terveydentilan seurannassa saadut tiedot;
- h) laitevalmistajien antamat tiedot;
- i) muut asiaa koskevat terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät tiedot;
- j) altistuminen useille lähteille;
- k) samanaikainen altistuminen useille eritaajuisille kentille.

6. Altistumisen arviointia ei tarvitse suorittaa yleisölle avoimilla työpaikoilla, joilla on jo suoritettu arviointi väestön sähkömagneettisille kentille altistumisen rajoittamista koskevien säännösten mukaisesti, joilla näissä säännöksissä säädettyjä rajoituksia noudatetaan työntekijöiden osalta ja joilla terveys- ja turvallisuusriskit on suljettu pois. Näiden edellytysten katsotaan täyttyvän, kun käytetään käyttötarkoituksensa mukaisesti julkiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita, jotka täyttävät unionin tuo-

telainsäädännössä, jossa säädetään tässä direktiivissä säädettyä tiukemmista turvallisuustasoista, asetetut vaatimukset, ja kun muita laitteita ei käytetä.

7. Työnantajalla on oltava hallussaan riskinarviointi direktiivin 89/391/ETY 9 artiklan 1 kohdan a alakohdan mukaisesti, ja työnantajan on eriteltävä ne toimenpiteet, jotka on toteutettava tämän direktiivin 5 artiklan mukaisesti. Riskinarviointi voi sisältää työnantajan perustelut sille, että sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien luonteen ja laajuuden vuoksi yksityiskohtaisempi riskinarviointi on tarpeeton. Riskinarviointi on saatettava ajan tasalle säännöllisesti, erityisesti jos on tapahtunut merkittäviä muutoksia, jotka voivat tehdä sen vanhentuneeksi, tai jos 8 artiklassa tarkoitetun terveydentilan seurannan tulokset osoittavat sen tarpeelliseksi.

5 artikla

Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset

1. Työnantajan on toteutettava tarvittavat toimet sen varmistamiseksi, että sähkömagneettisista kentistä työpaikalla aiheutuvat riskit poistetaan tai ne ovat mahdollisimman vähäisiä ottaen huomioon tekninen kehitys ja toimenpiteet, jotka ovat käytettävissä sähkömagneettisten kenttien hallitsemiseksi niiden läheisyydessä.

Sähkömagneettisille kentille altistumisesta aiheutuvia riskejä on vähennettävä noudattaen direktiivissä 89/391/ETY 6 artiklan 2 kohdassa säädettyjä ehkäiseviä toimenpiteitä koskevia yleisiä periaatteita.

2. Jos 3 artiklassa ja liitteessä II ja III tarkoitettujen asianomaisten toimenpidetasot ylittyvät, työnantajan on – ellei 4 artiklan 1, 2 ja 3 kohdan mukaisesti toteutettu arviointi osoita, että asianomaisten altistumisen raja-arvot eivät ylitä ja että turvallisuusriskit voidaan sulkea pois – laadittava ja toteutettava 4 artiklassa tarkoitettujen riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelma, joka sisältää teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot ylittävän altistumisen estämiseksi, kiinnittäen huomiota erityisesti seuraaviin seikkoihin:

- a) vaihtoehtoiset työmenetelmät, joissa sähkömagneettisille kentille altistuminen on vähäisempää;
- b) heikompia sähkömagneettisia kenttiä lähettävien laitteiden valitseminen, tehtävä työ huomioon ottaen;
- c) tekniset toimenpiteet sähkömagneettisten kenttien emissiovaikutuksen vähentämiseksi, mukaan lukien tarvittaessa varmuuslukituksen, koteloinnin tai vastaavien terveydensuojelujärjestelmien käyttö;
- d) asiaankuuluvat alueen rajaamista ja sille pääsyä koskevat toimenpiteet, kuten opasteet, merkit, lattiaan tehtävät merkinnot, esteet, joilla rajoitetaan tai valvotaan pääsyä alueelle;
- e) sähkökentille altistuttaessa toimenpiteet ja menettelyt, joilla torjutaan kipinäpurkauksia ja kosketusvirtoja teknisillä keinoilla ja työntekijöille annettavalla koulutuksella;

- f) asianmukaiset työvälineiden, työpaikkojen ja työpisteissä käytettävien järjestelmien huolto-ohjelmat;
- g) työpaikkojen ja työpisteiden suunnittelu;
- h) altistuksen keston ja voimakkuuden rajoittaminen; ja
- i) asianmukaisten henkilönsuojaimien saatavuus.

3. Työnantajan on laadittava ja toteutettava 4 artiklassa tarkoitettun riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelma, joka sisältää teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä, joilla estetään riskeille erityisen alttiille työntekijöille aiheutuvat riskit ja myös riskit, jotka johtuvat 4 artiklassa tarkoitetuista epäsuorista vaikutuksista.

4. Tämän direktiivin 6 artiklassa tarkoitettujen tietojen antamisen lisäksi työnantajan on direktiivin 89/391/ETY 15 artiklan nojalla mukautettava tässä artiklassa tarkoitettuja toimenpiteitä riskeille erityisen alttiita työntekijöitä, erityisesti työntekijöitä, jotka ovat ilmoittaneet, että heillä on aktiivinen tai passiivinen implantoitu lääkinällinen laite, kuten sydämentahdistin, tai kehon ulkopuolella mukana kannettava lääkinällinen laite, kuten insuliinipumppu, tai raskaana olevia työntekijöitä, jotka ovat ilmoittaneet tilastaan työnantajalle, koskevien vaatimusten ja tarvittaessa yksittäisiä henkilöitä koskevien riskinarviointien mukaisiksi annettuaan työntekijöille tietoja.

5. Edellä olevan 4 artiklan mukaisesti toteutettun riskinarvioinnin perusteella sellaiset työpaikat, joissa työntekijät todennäköisesti altistuvat toimenpidetasot ylittävälle sähkömagneettisille kentille, on osoitettava asianmukaisin merkein liitteen II ja III mukaisesti ja työssä käytettäviä turvallisuus- ja/tai terveysmerkkejä koskevista vähimmäisvaatimuksista 24 päivänä kesäkuuta 1992 annetun neuvoston direktiivin 92/58/ETY⁽¹⁾ (yhdeksäs direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi) mukaisesti. Kyseiset alueet on yksilöitävä ja pääsy niihin rajoitettava tarpeen mukaan. Sähkömagneettisia kenttiä erityisesti koskevia merkkejä ja pääsyräjoituksia ei vaadita, jos pääsy näille alueille on asianmukaisesti rajoitettu muista syistä ja työntekijöille on tiedotettu sähkömagneettisista kentistä aiheutuvista riskeistä.

6. Edellä olevaa 3 artiklan 3 kohdan a alakohtaa sovellettaessa on toteutettava erityisiä suojaavia toimenpiteitä, kuten 6 artiklan mukaisesti työntekijöille annettava koulutus sekä teknisten keinojen ja henkilösuojainten käyttö, esimerkiksi työkohteiden maadoitus, työntekijöiden liittäminen työkohteisiin (potentiaalintasaus) ja tarvittaessa työntekijöiden työpaikalla käyttämille henkilönsuojaimille turvallisuutta ja terveyttä varten asetettavista vähimmäisvaatimuksista 30 päivänä marraskuuta 1989 annetun neuvoston direktiivin 89/656/ETY (kolmas direktiivin 89/391/ETY⁽²⁾) 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi) 4 artiklan 1 kohdan a alakohtaan mukaisesti eristävien kenkien, käsineiden ja suojavaatetuksen käyttö.

7. Edellä olevaa 3 artiklan 4 kohdan a alakohtaa sovellettaessa on toteutettava erityisiä suojaavia toimenpiteitä kuten kulunvalvonta.

8. Työntekijät eivät saa altistua terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot ylittävälle tasolle, paitsi jos 10 artiklan 1 kohdan a tai c alakohtaan taikka 3 artiklan 3 tai 4 kohdan, mukaiset edellytykset täyttyvät. Jos terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot ylittyvät huolimatta toimenpiteistä, jotka työnantaja on toteuttanut, työnantajan on välittömästi ryhdyttävä toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi näiden altistumisen raja-arvojen alapuolelle. Työnantajan on yksilöitävä ja kirjattava syyt, joiden vuoksi terveysvaikutusraja-arvot ja aistimusraja-arvot on ylitetty, ja muutettava suojaavia ja ehkäiseviä toimenpiteitä siten, ettei raja-arvojen ylitys toistu. Muutetut suojaavat ja ehkäisevät toimenpiteet on säilytettävä sopivassa jäljitettävyyden mahdollistavassa muodossa mahdollista myöhempää käyttöä varten kansallisen oikeuden ja käytännön mukaisesti.

9. Edellä olevia 3 artiklan 3 kohtaa ja 4 kohtaa sovellettaessa ja mikäli työntekijä ilmoittaa hetkellisistä oireista, työnantajan on tarvittaessa saatettava ajan tasalle riskinarviointi ja ehkäisevät toimenpiteet. Hetkellisiin oireisiin saattavat kuulua:

- a) ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien aiheuttamat aistihavainnot ja vaikutukset pään alueen keskushermoston toimintaan; ja
- b) staattisen magneettikentän aiheuttamat vaikutukset kuten huimaus ja pahoinvointi.

6 artikla

Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus

Työnantajan on varmistettava, tämän kuitenkaan rajoittamatta direktiivin 89/391/ETY 10 ja 12 artiklan soveltamista, että työsään sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille todennäköisesti altistuvat työntekijät ja/tai heidän edustajansa saavat kaiken tarvittavan, tämän direktiivin 4 artiklassa tarkoitettua riskinarvioinnista saatuihin tuloksiin liittyvät tiedot ja koulutuksen, joka koskee erityisesti:

- a) tätä direktiiviä sovellettaessa toteutettuja toimenpiteitä;
- b) altistumisen raja-arvojen ja toimenpidetasojen arvoja ja käsitteitä, niihin liittyviä mahdollisia riskejä sekä toteutettuja ehkäiseviä toimenpiteitä;
- c) altistumisen mahdollisia epäsuoria vaikutuksia;
- d) tämän direktiivin 4 artiklan mukaisesti suoritettujen sähkömagneettisille kentille altistumisen tasojen arviointien, mittauksen ja/tai laskelmien tuloksia;
- e) altistumisen haitallisten terveysvaikutusten havaitsemis- ja ilmoittamistapoja;
- f) keskus- tai ääreishermostovaikutuksiin liittyvien hetkellisten oireiden ja tuntemusten mahdollisuutta;

⁽¹⁾ EYVL L 245, 26.8.1992, s. 23.

⁽²⁾ EYVL L 393, 30.12.1989, s. 18.

- g) olosuhteita, joissa työntekijöillä on oikeus terveydentilan seurantaan;
- h) turvallisia työtapoja altistumisesta aiheutuvien riskien minimoimiseksi;
- i) tämän direktiivin 4 artiklan 5 kohdan d alakohdassa sekä 5 artiklan 3 ja 4 kohdassa tarkoitettuja riskeille erityisen alttiita työntekijöitä.

7 artikla

Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen

Työntekijöiden ja/tai heidän edustajiensa kuuleminen ja osallistuminen on järjestettävä direktiivin 89/391/ETY 11 artiklan mukaisesti.

III LUKU

ERINÄISIÄ SÄÄNNÖKSIÄ

8 artikla

Terveydentilan seuranta

1. Terveydentilan asianmukainen seuranta on toteutettava direktiivin 89/391/ETY 14 artiklan mukaisesti, ja sen tavoitteena on sähkömagneettisille kentille altistumisen aiheuttamien haitallisten terveysvaikutusten ehkäiseminen ja varhainen diagnosointi. Terveystietoja ja niiden saatavuutta koskevista järjestelyistä on huolehdittava kansallisen lainsäädännön ja/tai käytännön mukaisesti.

2. Kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti terveydentilan seurannan tulokset on säilytettävä sopivassa muodossa mahdollista myöhempää käyttöä varten, ja salassapitovaatimuksia on noudatettava. Yksittäisten työntekijöiden on saatava pyynnöstä tutustua omaa terveydentilaansa koskeviin tietoihin.

Jos työntekijä ilmoittaa ei-toivotuista tai odottamattomista terveysvaikutuksista tai joka tapauksessa jos havaitaan altistumisen raja-arvot ylittävä altistuminen, työnantajan on huolehdittava kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti asianomaisten työntekijöiden pääsystä asianmukaiseen lääkärintarkastukseen tai heidän terveydentilansa asianmukaisesta yksilöllisestä seurannasta.

Lääkärintarkastukseen tai terveydentilan seurantaan on annettava mahdollisuus työntekijän valitsemina aikoina, ja työntekijä ei vastaa niihin liittyvistä kustannuksista.

9 artikla

Seuraamukset

Jäsenvaltioiden on säädettävä tämän direktiivin mukaisesti annetun kansallisen lainsäädännön rikkomiseen sovellettavista asianmukaisista seuraamuksista. Näiden seuraamusten on oltava tehokkaita, oikeasuhteisia ja varoittavia.

10 artikla

Poikkeukset

1. Poiketen siitä, mitä 3 artiklan veloitteissa säädetään, mutta rajoittamatta 5 artiklan 1 kohdan soveltamista, sovelletaan seuraavaa:

a) altistuminen saa ylittää altistumisen raja-arvot, jos altistuminen on yhteydessä terveydenhuoltoalalla potilaille tarkoitettujen magneettiresonanssikuvauslaitteiden (MRI) asentamiseen, testaukseen, käyttöön, kehittämiseen tai huoltoon tai niihin liittyvään tutkimukseen, edellyttäen kaikki seuraavat edellytykset täytyvät:

i) 4 artiklan mukaisesti suoritettujen riskinarvioinnin perusteella on osoitettavissa raja-arvojen ylittyminen;

ii) on sovellettu kaikkia viimeisimmän tekniikan mukaisia teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä;

iii) altistumisen raja-arvojen ylittyminen on olosuhteiden johdosta asianmukaisesti perusteltua;

iv) työpaikan, työlaitteiden tai työkäytäntöjen ominaispiirteet on otettu huomioon; ja

v) työnantaja osoittaa, että työntekijät on edelleen suojattu haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, myös varmistamalla, että noudatetaan niitä turvallista käyttöä koskevia ohjeita, jotka valmistaja on toimittanut lääkinnällisistä laitteista 14 päivänä kesäkuuta 1993 annetun neuvoston direktiivin 93/42/ETY⁽¹⁾ mukaisesti.

b) jäsenvaltiot voivat sallia vastaavan tai erityisluonteisemman suojelujärjestelmän toteuttamisen henkilöstölle, joka työskentelee operatiivisten sotilaallisten laitteistojen kanssa tai joka osallistuu sotilaisiin toimiin, myös yhteisissä kansainvälisissä sotilasharjoituksissa, edellyttäen, että haitalliset terveysvaikutukset ja turvallisuusriskit estetään.

c) jäsenvaltiot voivat sallia altistumisen raja-arvojen ylittymisen tilapäisesti sellaisilla erityisillä aloilla ja sellaisessa erityisessä toiminnassa, jotka eivät kuulu a ja b alakohdan soveltamisalaan, asianmukaisesti perustelluissa tapauksissa ja ainoastaan niin kauan kuin on perusteltua. Tätä alakohtaa sovellettaessa 'asianmukaisesti perustelluilla tapauksilla' tarkoitetaan tapauksia, joissa täytyvät seuraavat edellytykset:

i) 4 artiklan mukaisesti suoritettujen riskinarvioinnin perusteella on osoitettavissa raja-arvojen ylittyminen;

ii) on sovellettu kaikkia viimeisimmän tekniikan mukaisia teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä;

iii) on otettu huomioon työpaikan, työlaitteiden tai työkäytäntöjen ominaispiirteet; ja

iv) työnantaja osoittaa, että työntekijät on edelleen suojattu haitallisia terveysvaikutuksia ja turvallisuusriskejä vastaan, sekä käyttää vertailukelpoisia, yksityiskohtaisempia ja kansainvälisesti tunnustettuja standardeja ja ohjeita.

⁽¹⁾ EYVL L 169, 12.7.1993, s. 1.

2. Jäsenvaltioiden on tiedotettava komissiolle kaikista 1 kohdan b ja c alakohdan mukaisista poikkeuksista ja näiden poikkeusten perusteista 15 artiklassa tarkoitetussa kertomuksessa.

11 artikla

Litteisiin tehtävät tekniset muutokset

1. Siirretään komissiolle valta antaa delegoituja säädöksiä 12 artiklan mukaisesti, jotta voidaan tehdä puhtaasti teknisiä muutoksia litteisiin ja jotta voidaan:

- ottaa huomioon työvälaineiden tai työpaikkojen suunnittelua, rakentamista tai valmistamista koskevasta teknisestä yhdenmukaistamisesta ja standardoinnista annettavat asetukset ja direktiivit;
- ottaa huomioon tekniikan kehitys, muutokset merkittävimmässä standardeissa tai eritelmissä sekä sähkömagneettisia kenttiä koskevat uudet tieteelliset tutkimustulokset;
- mikäli on uutta tieteellistä näyttöä, tehdä mukautuksia toimenpidetasoihin edellyttäen, että työnantajien on edelleen noudatettava litteissä II ja III asetettuja voimassa olevia altistumisen raja-arvoja;

2. Komissio antaa 12 artiklan mukaisesti delegoidun säädöksen, jolla lisätään litteeseen II ICNIRP:n suositukset sellaisille sähköisille kentille altistumisen rajoittamiseksi, jotka indusoituvat kehoon liikuttaessa staattisissa magneettikentissä ja taajuudeltaan alle 1 Hz:n ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien vaikutuksesta, heti kun ne ovat saatavilla.

3. Edellä olevan 1 ja 2 kohdan nojalla annettuihin delegoituihin säädöksiin sovelletaan 13 artiklassa säädettyä menettelyä, kun tämä on tarpeen erittäin kiireellisessä tapauksessa, joka liittyy ensimmäisessä alakohdassa tarkoitettuihin muutoksiin.

12 artikla

Siirretyn säädösvallan käyttäminen

1. Siirretään komissiolle valta antaa delegoituja säädöksiä tässä artiklassa säädettyin edellytyksin.

2. Siirretään 11 artiklassa tarkoitettu valta antaa delegoituja säädöksiä komissiolle viideksi vuodeksi 29 päivästä kesäkuuta 2013. Komissio laatii siirrettyä säädösvaltaa koskevan kertomuksen viimeistään yhdeksän kuukautta ennen viiden vuoden pituisen kauden päättymistä. Säädösvallan siirtoa jatketaan ilman eri toimenpiteitä samanpituisiksi kausiksi, jollei Euroopan parlamentti tai neuvosto vastusta tällaista jatkamista viimeistään kolme kuukautta ennen kunkin kauden päättymistä.

3. Euroopan parlamentti tai neuvosto voi milloin tahansa peruuttaa 11 artiklassa tarkoitettua säädösvallan siirtoa. Peruuttamispäätöksellä lopetetaan päätöksessä mainittu säädösvallan siirto. Päätös tulee voimaan sitä päivää seuraavana päivänä, jona se julkaistaan *Euroopan unionin virallisessa lehdessä*, tai jona-kin myöhempanä, päätöksessä mainittuna päivänä. Päätös ei vaikuta jo voimassa olevien delegoitujen säädösten pätevyyyteen.

4. Heti kun komissio on antanut delegoidun säädöksen, komissio antaa sen tiedoksi yhtäaikaisesti Euroopan parlamentille ja neuvostolle.

5. Edellä olevan 11 artiklan nojalla annettu delegoitu säädös tulee voimaan ainoastaan, jos Euroopan parlamentti tai neuvosto ei ole kahden kuukauden kuluessa siitä, kun asianomainen säädös on annettu tiedoksi Euroopan parlamentille ja neuvostolle, ilmaissut vastustavansa sitä tai jos sekä Euroopan parlamentti että neuvosto ovat ennen mainitun määräajan päättymistä ilmoittaneet komissiolle, että ne eivät vastusta säädöstä. Euroopan parlamentin tai neuvoston aloitteesta tätä määräaika jatketaan kahdella kuukaudella.

13 artikla

Kiireellinen menettely

1. Tämän artiklan nojalla annetut delegoidut säädökset tulevat voimaan viipymättä, ja niitä sovelletaan niin kauan kuin niitä ei vastusteta 2 kohdan mukaisesti. Kun delegoitu säädös annetaan tiedoksi Euroopan parlamentille ja neuvostolle, esitetään samalla ne perusteet, joiden vuoksi sovelletaan kiireellistä menettelyä ja jotka liittyvät työntekijöiden terveyteen ja suoje- luun.

2. Euroopan parlamentti tai neuvosto voi 12 artiklan 5 kohdassa tarkoitetun menettelyn mukaisesti vastustaa delegoitua säädöstä. Siinä tapauksessa komissio kumoo säädöksen viipymättä sen jälkeen, kun Euroopan parlamentin tai neuvoston päätös vastustaa sitä on annettu sille tiedoksi.

IV LUKU

LOPPUSÄÄNNÖKSET

14 artikla

Käytännön oppaat

Tämän direktiivin täytäntöönpanon helpottamiseksi komissio asettaa viimeistään kuusi kuukautta ennen 1 päivää heinäkuuta 2016 saataville ei-sitovia käytännön oppaita. Nämä käytännön oppaat koskevat erityisesti seuraavia aiheita:

- altistumisen määrittely ottaen huomioon soveltuvat euroopalaiset tai kansainväliset standardit, mukaan lukien:
 - laskentamenetelmät altistumisen raja-arvon arvioimiseksi,
 - ulkoisten sähkö- ja magneettikenttien spatiaalisen keskiarvon laskenta,
 - ohjeet mittauksiin ja laskelmiin liittyvien epävarmuustekijöiden ratkaisemiseksi;
- ohjeet vaatimustenmukaisuuden osoittamista varten, kun on kyse tietyn tyyppisestä epätasaisesti jakaantuneesta altistuksesta erityistilanteissa, vakiintuneen dosimetrian mukaisesti;
- "painotetun huippuarvon menetelmän" kuvaus pientaajuuskentille ja "monitaajuisten kenttien yhteenlaskun" kuvaus suurtaajuuskentille;

- d) riskinarvioinnin suorittaminen ja mahdollisuuksien mukaan yksinkertaistettujen tekniikoiden tarjoaminen, erityisesti pk-yritysten tarpeisiin;
- e) toimenpiteet, joiden tarkoituksena on estää tai vähentää riskejä, mukaan lukien erityiset ehkäisevät toimenpiteet altistumisen tason ja työpaikan ominaispiirteiden mukaan;
- f) dokumentoitujen työskentelymenettelyjen käyttöönotto sekä erityiset tiedotus- ja koulutustoimenpiteet niille työntekijöille, jotka altistuvat sähkömagneettisille kentille 10 artiklan 1 kohdan a alakohdan soveltamisalaa kuuluvien magneettiresonanssikuvaukseen liittyvien toimien aikana;
- g) altistumisen arviointi taajuusalueen 100 kHz–10 MHz osalta, kun on tarkasteltava sekä lämpövaikutuksia että muita kuin lämpövaikutuksia;
- h) ohjeet lääkärintarkastuksista ja terveydentilan seurannasta, joista työnantajan on huolehdittava 8 artiklan 2 kohdan mukaisesti.

Komissio tekee tiivistä yhteistyötä työturvallisuuden ja työterveyden neuvoo-antavan komitean kanssa. Euroopan parlamentti pidetään ajan tasalla.

15 artikla

Uudelleentarkastelu ja kertomukset

Kertomus tämän direktiivin käytännön täytäntöönpanosta laaditaan direktiivin 89/391/ETY 17 a artiklan mukaisesti ottaen huomioon 1 artiklan 4 kohta.

16 artikla

Saattaminen osaksi kansallista lainsäädäntöä

1. Jäsenvaltioiden on saatettava tämän direktiivin noudattamisen edellyttämät lait, asetukset ja hallinnolliset määräykset voimaan viimeistään 1 päivänä heinäkuuta 2016.

Näissä jäsenvaltioiden antamissa säädöksissä on viitattava tähän direktiiviin tai niihin on liitettävä tällainen viittaus, kun ne virallisesti julkaistaan. Jäsenvaltioiden on säädettävä siitä, miten viittaukset tehdään.

2. Jäsenvaltioiden on toimitettava tässä direktiivissä säännellyistä kysymyksistä antamansa keskeiset kansalliset säännökset kirjallisina komissiolle.

17 artikla

Kumoaminen

1. Kumotaan direktiivi 2004/40/EY 29 päivästä kesäkuuta 2013 alkaen.

2. Viittauksia kumottuun direktiiviin pidetään viittauksina tähän direktiiviin liitteessä IV olevan vastaavuustaulukon mukaisesti.

18 artikla

Voimaantulo

Tämä direktiivi tulee voimaan päivänä, jona se julkaistaan Euroopan unionin virallisessa lehdessä.

19 artikla

Osoitus

Tämä direktiivi on osoitettu kaikille jäsenvaltioille.

Tehty Brysselissä 26 päivänä kesäkuuta 2013.

Euroopan parlamentin puolesta

Puhemies

M. SCHULZ

Neuvoston puolesta

Puheenjohtaja

A. SHATTER

LIITE I

SÄHKÖMAGNEETTISILLE KENTILLE ALTISTUMISEEN LIITTYVÄT FYSIKAALISET SUUREET

Sähkömagneettisille kentille altistumista kuvataan seuraavilla fysikaalisilla suureilla:

Sähkökentän voimakkuus (E) on vektorisuure, joka vastaa varatuneeseen hiukkaseen kohdistuvaa, hiukkasen liiketilasta riippumatonta voimaa. Se ilmaistaan voltteina metriä kohti (Vm^{-1}). On erotettava toisistaan ulkoinen sähkökenttä ja kudoksessa vaikuttava sähkökenttä (in situ), joka syntyy altistumisesta ulkoiselle sähkökentälle.

Raajassa kulkeva virta (I_1) on sähkömagneettisille kentille taajuusalueella 10 MHz–110 MHz altistuneen henkilön raajoissa oleva virta, joka syntyy, kun henkilö on kosketuksissa sähkömagneettisessa kentässä olevan kohteen kanssa, tai keho on alttiina kapasitiivisten virtojen indusoitumiselle. Se ilmaistaan ampeereina (A).

Kosketusvirta (I_C) on virta, joka syntyy, kun henkilö tulee kosketukseen sähkömagneettisessa kentässä olevan kohteen kanssa. Se ilmaistaan ampeereina (A). Jatkuva kosketusvirta syntyy, kun henkilö on jatkuvasti kosketuksissa sähkömagneettisessa kentässä olevan kohteen kanssa. Kosketuksen syntyessä voi syntyä kipinäpurkaus ja transienttivirtoja.

Sähkövaraus (Q) on kipinävaraukseen yhteydessä käytettävä suure. Sen yksikkö on coulombi (C).

Magneettikentän voimakkuus (H) on vektorisuure, joka yhdessä magneettivuon tiheyden kanssa määrittää magneettikentän annetussa avaruuden pisteessä. Se ilmaistaan ampeereina metriä kohti (Am^{-1}).

Magneettivuon tiheys (B) on vektorisuure, jonka vaikutuksesta syntyy liikkuviin varauksiin kohdistuva voima. Suureen arvo ilmaistaan tesloina (T). Ilmassa ja biologisessa kudoksessa magneettivuon tiheyden ja magneettikentän voimakkuuden vastaavuus voidaan määrittää käyttämällä kaavaa magneettikentän voimakkuus $H = 1 Am^{-1} =$ magneettivuon tiheys $B = 4\pi \cdot 10^{-7} T$ (likimäärin 1,25 mikrotleslaa).

Tehotiheys (S) on suure, jota käytetään erittäin suurille taajuuksille, joissa säteilyn tunkeutuminen kehoon on pinnallista. Suure määritellään kohteen pintaan nähden kohtisuoran säteilyn tehona kohteen pinta-alayksikköä kohti. Se ilmaistaan watteina neliometriä kohti (Wm^{-2}).

Ominaisabsorptio (SA) määritellään biologisen kudoksen absorboimana energiana massayksikköä kohti. Se ilmaistaan jouleina kilogrammaa kohti (Jkg^{-1}). Tässä direktiivissä suureta käytetään asetettaessa rajoituksia pulssimuotoisen mikroaaltosäteilyn vaikutuksille.

Ominaisabsorptionopeus (SAR), joka määritetään keskiarvona koko keholle tai kehon osille, määritellään energian absorboitumisnopeutena kudoksen massayksikköä kohti. Se ilmaistaan watteina kilogrammaa kohti (Wkg^{-1}). Koko kehon SAR-arvo on laajalti hyväksytty suure mitattaessa radiotaajuisten (RF) altistumisen haitallisia lämpövaikutuksia. Koko kehon keskimääräisen SAR-arvon ohella käytetään paikallisia SAR-arvoja, joita tarvitaan arvioitaessa ja rajoitettaessa pieniin kehonosiin erityisissä altistusolosuhteissa kertyvää liiallista energiaa. Tällaisia olosuhteita ovat esimerkiksi henkilön altistuminen alhaisen megahertsialueen radiotaajuussäteilylle (joka on peräisin esimerkiksi dielektrisistä kumentimista) ja antennin lähikentässä tapahtuva altistuminen.

Näistä suureista ovat suoraan mitattavissa magneettivuon tiheys (B), kosketusvirta (I_C), raajassa kulkeva virta (I_1), sähkökentän voimakkuus (E), magneettikentän voimakkuus (H) sekä tehotiheys (S).

LIITE II

MUUT KUIN LÄMPÖVAIKUTUKSET

ALTISTUMISEN RAJA-ARVOT JA TOIMENPIDETASOT TAAJUUSALUEELLA 0 HZ–10 MHZ

A. ALTISTUMISEN RAJA-ARVOT

Altistumisen raja-arvot alle 1 Hz:n taajuusalueella (taulukko A1) ovat sellaiselle staattiselle magneettikentälle altistumisen raja-arvoja, johon kudosis ei vaikuta.

Altistumisen raja-arvot taajuusalueella 1 Hz–10 MHz (taulukko A2) ovat sellaisille sähkökentille altistumisen raja-arvoja, jotka indusoituvat kehoon, kun se altistuu ajallisesti vaihteleville sähkö- ja magneettikentille.

Altistumisen raja-arvot ulkoisen magneettivuon tiheydelle taajuusalueella 0 Hz–1 Hz

Aistimusraja-arvo on altistumisen raja-arvo tavanomaisissa työolosuhteissa (taulukko A1) ja liittyy huimaukseen ja muihin fysiologisiin vaikutuksiin, jotka liittyvät ihmisen tasapainoelimen häiriöihin, jotka johtuvat pääosin liikkumisesta staattisessa magneettikentässä.

Terveysvaikutusraja-arvoa valvotuissa työolosuhteissa (taulukko A1) sovelletaan tilapäisesti vuoron aikana, kun se on perusteltua käytännön syistä tai menetelmän vuoksi edellyttäen, että on otettu käyttöön ehkäiseviä toimenpiteitä kuten kulunvalvonta ja työntekijöille tiedottaminen.

Taulukko A1

Altistumisen raja-arvot ulkoisen magneettivuon tiheydelle (B_0) taajuusalueella 0–1 Hz

	Aistimusraja-arvot
Tavanomaiset työolosuhteet	2 T
Paikallinen raajojen altistuminen	8 T
	Terveysvaikutusraja-arvot
Valvotut työolosuhteet	8 T

Terveysvaikutusraja-arvot, sisäisen sähkökentän voimakkuus 1 Hz–10 MHz

Terveysvaikutusraja-arvot (taulukko A2) liittyvät kehon kaikkien ääreis- ja keskushermoston kudosten, myös pään alueen kudosten, sähköiseen stimuloitumiseen.

Taulukko A2

Terveysvaikutusraja-arvot, sisäisen sähkökentän voimakkuus 1 Hz–10 MHz

Taajuusalue	Terveysvaikutusraja-arvot
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (huippuarvo)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (huippuarvo)

Huomautus A2-1: f on taajuus hertseinä (Hz).

Huomautus A2-2: Terveysvaikutusraja-arvot sisäisen sähkökentän osalta ovat paikallisia huippuarvoja altistuneen henkilön koko kehossa.

Huomautus A2-3: Altistumisen raja-arvot ovat ajallisia huippuarvoja ja vastaavat sinimuotoisten kenttien tehollisarvoja (RMS) kerrottuna luvun 2 neliöjuurella. Ei-sinimuotoisten kenttien osalta 4 artiklan mukaisesti suoritettu altistumisen arviointi perustuu painotetun huippuarvon menetelmään (suodatus aika-alueessa), joka on selitetty 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa, mutta muitakin tieteellisesti vahvistettuja ja validoituja altistumisen arviointimenettelyjä voidaan soveltaa edellyttäen, että niistä saadaan lähes vastaavat ja vertailukelpoiset tulokset.

Aistimusraja-arvot, sisäisen sähkökentän voimakkuus 1–400 Hz

Aistimusraja-arvot (taulukko A3) liittyvät sähkökentän vaikutuksiin pään alueen keskushermostoon eli verkkokalvon fosfeeneihin ja joidenkin aivotoimintojen vähäisiin hetkellisiin muutoksiin.

Taulukko A3

Aistimusraja-arvot, sisäisen sähkökentän voimakkuus 1–400 Hz

Taajuusalue	Aistimusraja-arvot
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7 f \text{ Vm}^{-1}$ (huippuarvo)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07 \text{ Vm}^{-1}$ (huippuarvo)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (huippuarvo)

Huomautus A3-1: f on taajuus hertseinä (Hz).

Huomautus A3-2: Aistimusraja-arvot sisäisen sähkökentän osalta ovat paikallisia huippuarvoja altistuneen henkilön päässä.

Huomautus A3-3: Altistumisen raja-arvot ovat ajallisia huippuarvoja ja vastaavat sinimuotoisten kenttien tehollisarvoja (RMS) kerrottuna luvun 2 neliöjuurella. Ei-sinimuotoisten kenttien osalta 4 artiklan mukaisesti suoritettu altistumisen arviointi perustuu painotetun huippuarvon menetelmään (suodatus aika-alueessa), joka on selitetty 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa, mutta muitakin tieteellisesti vahvistettuja ja validoituja altistumisen arviointimenetelmiä voidaan soveltaa edellyttäen, että niistä saadaan lähes vastaavat ja vertailukelpoiset tulokset.

B. TOIMENPIDETASOT

Seuraavia fysikaalisia suureita ja arvoja käytetään määrittelemään toimenpidetasot, jotka vahvistetaan, jotta varmistetaan yksinkertaistetulla arvioinnilla asiaan kuuluvien altistumisen raja-arvojen noudattaminen, tai joilla on toteutettava 5 artiklassa täsmennettyjä suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä:

- Matala toimenpidetaso (E) ja korkea toimenpidetaso (E), ajallisesti vaihtelevat sähkökentät, voimakkuus E, taulukossa B1 yksilöidyllä tavalla
- Matala toimenpidetaso (B) ja korkea toimenpidetaso (B), ajallisesti vaihtelevat magneettikentät, magneettivuon tiheys B, taulukossa B2 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (IC), kosketusvirta, taulukossa B3 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (B0), staattisten magneettikenttien magneettivuon tiheys, taulukossa B4 yksilöidyllä tavalla

Toimenpidetasot vastaavat työpaikalla laskettuja tai mitattuja sähkö- ja magneettikentän arvoja työntekijän poissa ollessa.

Sähkökentille altistumista koskevat toimenpidetasot

Matalat toimenpidetasot (taulukko B1) ulkoisille sähkökentille perustuvat sisäisen sähkökentän rajoittamiseen altistumisen raja-arvojen alapuolelle (taulukot A2 ja A3) ja kipinäpurkausten rajoittamiseen työympäristössä.

Korkean toimenpidetaso alapuolella sisäinen sähkökenttä ei ylitä altistumisen raja-arvoja (taulukot A2 ja A3) ja häiritsevät kipinäpurkaukset estetään edellyttäen, että 5 artiklan 6 kohdassa tarkoitettuja suojaavia toimenpiteitä toteutetaan.

Taulukko B1

Sähkökentille altistumista koskevat toimenpidetasot taajuusalueella 1 Hz–10 MHz

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus Matala toimenpidetaso (E) [Vm^{-1}] (RMS)	Sähkökentän voimakkuus Korkea toimenpidetaso (E) [Vm^{-1}] (RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus Matala toimenpidetaso (E) [Vm ⁻¹] (RMS)	Sähkökentän voimakkuus Korkea toimenpidetaso (E) [Vm ⁻¹] (RMS)
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Huomautus B1-1: f on taajuus hertseinä (Hz).

Huomautus B1-2: Matala toimenpidetaso (E) ja korkea toimenpidetaso (E) ovat sähkökentän voimakkuuden tehollisarvoja (RMS) ja vastaavat sinimuotoisille kentille altistumisen huippuarvoja jaettuna luvun 2 neliöjuurella. Ei-sinimuotoisten kenttien osalta 4 artiklan mukaisesti suoritettu altistumisen arviointi perustuu painotetun huippuarvon menetelmään (suodatus aika-alueessa), joka on selitetty 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa, mutta muitakin tieteellisesti vahvistettuja ja validoituja altistumisen arviointimenettelyjä voidaan soveltaa edellyttäen, että niistä saadaan lähes vastaavat ja vertailukelpoiset tulokset.

Huomautus B1-3: Toimenpidetasot ovat laskettuja tai mitattuja maksimiarvoja työntekijän kehon kohdalla. Näin päästään konservatiiviseen altistumisen arviointiin ja noudatetaan automaattisesti altistumisen raja-arvoja kaikissa epätasaisesti jakaantuneen kentän altistumisoloissa. Jotta yksinkertaistettaisiin 4 artiklan mukaisesti suoritettua arviointia altistumisen raja-arvojen noudattamisesta erityisissä epätasaisesti jakaantuneen kentän oloissa, 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa selitetään kriteerit mitattujen kenttien spatiaalisen keskiarvon laskennalle vakiintuneen dosimetrian mukaisesti. Kun lähde on hyvin paikallinen ja vain muutaman senttimetrin päässä kehosta, indusoitunut sähkökenttä määritellään dosimetrisesti tapauskohtaisesti.

Magneettikentille altistumista koskevat toimenpidetasot

Matalat toimenpidetasot (taulukko B2) johdetaan sisäisen sähkökentän aistimusraja-arvoista alle 400 Hz:n taajuudella (taulukko A3) ja yli 400 Hz:n taajuudella sisäisen sähkökentän terveysvaikutusraja-arvoista (taulukko A2).

Korkeat toimenpidetasot (taulukko B2) johdetaan sellaisista terveysvaikutusraja-arvoista sisäisen sähkökentän osalta, jotka liittyvät pään ja vartalon ääreis- ja autonomisen hermoston kudosten sähköiseen stimuloitumiseen (taulukko A2). Korkeiden toimenpidetasojen noudattamisella varmistetaan se, että terveysvaikutusraja-arvoja ei ylitetä, mutta verkkokalvon fosfeeneihin ja aivotointojen vähäisiin hetkellisiin muutoksiin liittyvät vaikutukset ovat mahdollisia, jos pään alueen altistuminen ylittää matalan toimenpidetason korkeintaan 400 Hz:n taajuusalueella. Tällöin sovelletaan 5 artiklan 6 kohtaa.

Raajojen altistumisen toimenpidetasot johdetaan sellaisista terveysvaikutusraja-arvoista sisäisen sähkökentän osalta, jotka liittyvät raajojen kudosten sähköiseen stimuloitumiseen, ottamalla huomioon, että magneettikenttä kytkeytyy heikommin raajoihin kuin koko vartaloon.

Taulukko B2

Magneettikentille altistumista koskevat toimenpidetasot taajuusalueella 1 Hz–10 MHz

Taajuusalue	Magneettivuon tiheys Matala toimenpidetaso (B) [μT] (RMS)	Magneettivuon tiheys Korkea toimenpidetaso (B) [μT] (RMS)	Magneettivuon tiheys Toimenpidetaso: raajojen altistuminen paikalliselle magneettikentälle [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Huomautus B2-1: f on taajuus hertseinä (Hz).

Huomautus B2-2: Matala toimenpidetaso ja korkea toimenpidetaso ovat tehollisarvoja (RMS) ja vastaavat sinimuotoisille kentille altistumisen huippuarvoja jaettuna luvun 2 neliöjuurella. Ei-sinimuotoisten kenttien osalta 4 artiklan mukaisesti suoritettu altistumisen arviointi perustuu painotetun huippuarvon menetelmään (suodatus aika-alueessa), joka on selitetty 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa, mutta muitakin tieteellisesti vahvistettuja ja validoituja altistumisen arviointimenettelyjä voidaan soveltaa edellyttäen, että niistä saadaan lähes vastaavat ja vertailukelpoiset tulokset.

Huomautus B2-3: Magneettikentille altistumista koskevat toimenpidetasot ovat enimmäisarvoja työntekijän kehon sijaintikohdassa. Näin päästään konservatiiviseen altistumisen arviointiin ja noudatetaan automaattisesti altistumisen raja-arvoja kaikissa epätasaisesti jakaantuneen kentän altistumisoloissa. Jotta yksinkertaistettaisiin 4 artiklan mukaisesti suoritettua arviointia altistumisen raja-arvojen noudattamisesta erityisissä epätasaisesti jakaantuneissa altistumisoloissa, 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa selitetään mitattujen kenttien spatiaalisen keskiarvon laskennan kriteerit vakiintuneen dosimetrian mukaisesti. Kun lähde on hyvin paikallinen ja vain muutaman senttimetrin päässä kehosta, indusoitunut sähkökenttä määritellään dosimetrisesti tapauskohtaisesti.

Taulukko B3

Kosketusvirralle I_C altistumista koskevat toimenpidetasot

Taajuus	Toimenpidetaso (I_C) (jatkuva kosketusvirta) [mA] (RMS)
Enintään 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100$ kHz	0,4 f
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10\,000$ kHz	40

Huomautus B3-1: f on taajuus ilmaistuna kilohertseinä (kHz).

Staatististen magneettikenttien magneettivuon tiheyttä koskevat toimenpidetasot

Taulukko B4

Staatististen magneettikenttien magneettivuon tiheyttä koskevat toimenpidetasot

Vaarat	Toimenpidetaso (B_0)
Aktiivisten implantoitujen laitteiden, esim. sydämentahdistimien, häiriintyminen	0,5 mT
Vetovoima- ja sinkoutumisriski voimakkaiden kenttien reuna-alueilla (> 100 mT)	3 mT

LIITE III

LÄMPÖVAIKUTUKSET

ALTISTUMISEN RAJA-ARVOT JA TOIMENPIDETASOT TAAJUUSALUEELLA 100 KHZ–300 GHZ

A. ALTISTUMISEN RAJA-ARVOT

Terveysvaikutusraja-arvot taajuusalueella 100 kHz–6 GHz (taulukko A1) ovat sähkö- ja magneettikentille altistumisesta syntyvän kudoksen absorboiman energian ja tehon rajoja massayksikköä kohti.

Aistimusraja-arvot taajuusalueella 0,3–6 GHz (taulukko A2) ovat sähkömagneettisille kentille altistumisesta syntyvän pään alueen pienen kudossmassan absorboiman energian rajoja.

Terveysvaikutusraja-arvot yli 6 GHz:n taajuusalueella (taulukko A3) ovat kehon pintaan osuvan sähkömagneettisen aallon tehotiheyden rajoja.

Taulukko A1

Terveysvaikutusraja-arvot, 100 kHz–6 GHz:n sähkömagneettiset kentät

Terveysvaikutusraja-arvot	Keskimääräiset SAR-arvot 6 minuutin jaksoa kohti
Koko kehon lämpörasitukseen liittyvät altistumisen raja-arvot, keskimääräinen SAR kehossa	0,4 Wkg ⁻¹
Pään ja vartalon paikalliseen lämpörasitukseen liittyvät altistumisen raja-arvot, paikallinen SAR kehossa	10 Wkg ⁻¹
Raajojen paikalliseen lämpörasitukseen liittyvät altistumisen raja-arvot, paikallinen SAR raajoissa	20 Wkg ⁻¹

Huomautus A1-1: Paikallisen SAR:n keskimääräinen arvo lasketaan 10 gramman yhtenäistä kudossmassaa kohti. Altistumisen arvioinnissa käytetään näin saatua SAR:n maksimiarvoa. Kyseisen 10 gramman kudossmassan on tarkoitus olla yhtenäistä kudosta, jolla on lähes homogeeniset sähköiset ominaisuudet. Yhtenäisen kudoksen massan käsitteen määrittelyn yhteydessä todetaan, että tällaista käsitettä voidaan soveltaa laskennallisessa dosimetriassa mutta että se voi aiheuttaa vaikeuksia suoria fysikaalisia mittauksia suoritettaessa. Yksinkertaisen geometrisen kappaleen, esimerkiksi kuution tai pallon rajaaman kudoksen massa perustuvaa menetelmää voidaan käyttää.

Aistimusraja-arvot taajuusalueella 0,3–6 GHz

Tämä aistimusraja-arvo (taulukko A2) liittyy pään altistumisesta pulssimuotoiselle mikroaaltosäteilylle johtuvien kuuloaistimusten välttämiseen.

Taulukko A2

Aistimusraja-arvot, 0,3–6 GHz:n sähkömagneettiset kentät

Taajuusalue	Paikallinen ominaisabsorptio (SA)
$0,3 \leq f \leq 6$ GHz	10 mJkg ⁻¹

Huomautus A2-1: Paikallisen SA:n keskimääräinen arvo on 10 gramman kudossmassaa kohti.

Taulukko A3

Terveysvaikutusraja-arvot, 6–300 GHz:n sähkömagneettiset kentät

Taajuusalue	Tehotiheyteen liittyvät terveysvaikutusraja-arvot
$6 \text{ GHz} \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	50 Wm ⁻²

Huomautus A3-1: Tehotiheys lasketaan keskiarvona kutakin 20 cm^2 :n suuruisia altistunutta aluetta kohti. 1 cm^2 :n suuruisen alan keskiarvoina lasketut paikallisen tehotiheyden enimmäisarvot eivät saa ylittää 20-kertaisesti arvoa 50 W/m^2 . Tehotiheydet taajuusalueella 6–10 GHz lasketaan keskiarvoina kuuden minuutin jaksoa kohti. Yli 10 GHz:n taajuusalueella tehotiheys lasketaan keskiarvona $68/f^{1,05}$ minuutin jaksoa kohti (f on taajuus gigahertseinä), jotta voidaan ottaa huomioon tunkeutumissyvyyden asteittainen väheneminen taajuuden kasvaessa.

B. TOIMENPIDETASOT

Seuraavia fysikaalisia suureita ja arvoja käytetään määrittelemään toimenpidetasot, jotka vahvistetaan, jotta varmistetaan yksinkertaistetulla arvioinnilla asiaan kuuluvien altistumisen raja-arvojen noudattaminen, tai joilla on toteutettava 5 artiklassa täsmennettyjä suojaavia tai ehkäiseviä toimenpiteitä.

- Toimenpidetaso (E), ajallisesti vaihtelevat sähkökentät, sähkökentän voimakkuus E, taulukossa B1 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (B), ajallisesti vaihtelevat magneettikentät, magneettivuon tiheys B, taulukossa B1 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (S), sähkömagneettisten aaltojen tehotiheys, taulukossa B1 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (I_C), kosketusvirta, taulukossa B2 yksilöidyllä tavalla
- Toimenpidetaso (I_L), raajassa kulkeva virta, taulukossa B2 yksilöidyllä tavalla

Toimenpidetasot vastaavat työpaikalla laskettuja tai mitattuja kenttäarvoja työntekijän poissa ollessa ja ilmaistaan enimmäisarvona kehon sijaintikohdassa tai tietyssä osassa kehoa.

Sähkö- ja magneettikentille altistumista koskevat toimenpidetasot

Toimenpidetaso (E) ja toimenpidetaso (B) johdetaan SAR-arvosta tai tehotiheyden arvosta (taulukot A1 ja A3) niiden kynnysarvojen pohjalta, jotka liittyvät (ulkoiselle) sähkö- ja magneettikentille altistumisesta aiheutuviin sisäisiin lämpövaikutuksiin.

Taulukko B1

Sähkö- ja magneettikentille altistumista koskevat toimenpidetasot taajuusalueella 100 kHz–300 GHz

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus Toimenpidetaso (E) [Vm^{-1}] (RMS)	Magneettivuon tiheys Toimenpidetaso (B) [μT] (RMS)	Tehotiheys Toimenpidetaso (S) (Wm^{-2})
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$1 \leq f < 10 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^8/f$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$10 \leq f < 400 \text{ MHz}$	61	0,2	—
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$	$3 \times 10^{-3} f^{1/2}$	$1,0 \times 10^{-5} f^{1/2}$	—
$2 \leq f < 6 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	—
$6 \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Huomautus B1-1: f on taajuus hertseinä (Hz).

Huomautus B1-2: [Toimenpidetaso (E)]² ja [toimenpidetaso (B)]² lasketaan keskiarvoina kuuden minuutin jaksoa kohti. Radiotaajuuspulssien osalta huipputehotiheys keskiarvona pulssin keston ajalta saa olla enintään 1 000 kertaa asianomaisen toimenpidetason (S) arvo. Monitaajuisilla kentillä analyysin on perustuttava yhteenlaskuun, jota selvitetään 14 artiklassa tarkoitetuissa käytännön oppaissa.

Huomautus B1-3: Toimenpidetaso (E) ja toimenpidetaso (B) koskevat laskettuja tai mitattuja sähkö- tai magneettikentän enimmäisarvoja työntekijän kehon kohdalla. Näin päästään konservatiiviseen altistumisen arviointiin ja noudatetaan automaattisesti altistumisen raja-arvoja kaikissa epätasaisesti jakaantuneen kentän altistumisoloissa. Jotta yksinkertaistettaisiin 4 artiklan mukaisesti suoritettua arviointia altistumisen raja-arvojen noudattamisesta erityisissä epätasaisesti jakaantuneen kentän oloissa, 14 artiklan mukaisissa käytännön oppaissa selitetään kriteerit mitattujen kenttien spatiaalisen keskiarvon laskennalle vakiintuneen dosimetrian mukaisesti. Kun lähde on hyvin paikallinen ja vain muutaman senttimetrin päässä kehosta, altistumisen raja-arvojen noudattaminen määritellään dosimetrisesti tapauskohtaisesti.

Huomautus B1-4: Tehotiheys lasketaan keskiarvona kutakin 20 cm^2 :n suuruista altistunutta aluetta kohti. 1 cm^2 :n suuruisen alan keskiarvoina lasketut spatiaalisen tehotiheyden enimmäisarvot eivät saa ylittää 20-kertaisesti arvoa 50 Wm^{-2} . Tehotiheydet taajuusalueella 6–10 GHz lasketaan keskiarvoina kuuden minuutin jaksoa kohti. Yli 10 GHz:n taajuusalueella tehotiheydet lasketaan keskiarvoina $68/f^{1,05}$ minuutin jaksoa kohti (f on taajuus gigahertseinä), jotta voidaan ottaa huomioon tunkeutumissyvyyden asteittainen väheneminen taajuuden kasvaessa.

Taulukko B2

Toimenpidetasot, jatkuvat kosketusvirrat ja indusoituneet raajassa kulkevat virrat

Taajuusalue	Jatkuva kosketusvirta, toimenpidetaso (I_C) [mA] (RMS)	Indusoitunut raajassa kulkeva virta, toimenpidetaso (I_L) [mA] (RMS)
$100 \text{ kHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$	40	—
$10 \text{ MHz} \leq f \leq 110 \text{ MHz}$	40	100

Huomautus B2-1: $[I_L]^2$ lasketaan keskiarvona kuuden minuutin jaksoa kohti.

LIITE IV

Vastaavuustaulukko

Direktiivi 2004/40/EY	Tämä direktiivi
1 artiklan 1 kohta	1 artiklan 1 kohta
1 artiklan 2 kohta	1 artiklan 2 ja 3 kohta
1 artiklan 3 kohta	1 artiklan 4 kohta
1 artiklan 4 kohta	1 artiklan 5 kohta
1 artiklan 5 kohta	1 artiklan 6 kohta
2 artiklan a alakohta	2 artiklan a alakohta
—	2 artiklan b alakohta
—	2 artiklan c alakohta
2 artiklan b alakohta	2 artiklan d, e ja f alakohta
2 artiklan c alakohta	2 artiklan g alakohta
3 artiklan 1 kohta	3 artiklan 1 kohta
3 artiklan 2 kohta	3 artiklan 1 kohta
—	3 artiklan 2 kohta
3 artiklan 3 kohta	3 artiklan 2 ja 3 kohta
—	3 artiklan 4 kohta
4 artiklan 1 kohta	4 artiklan 1 kohta
4 artiklan 2 kohta	4 artiklan 2 ja 3 kohta
4 artiklan 3 kohta	4 artiklan 3 kohta
4 artiklan 4 kohta	4 artiklan 4 kohta
4 artiklan 5 kohdan a alakohta	4 artiklan 5 kohdan b alakohta
4 artiklan 5 kohdan b alakohta	4 artiklan 5 kohdan a alakohta
—	4 artiklan 5 kohdan c alakohta
4 artiklan 5 kohdan c alakohta	4 artiklan 5 kohdan d alakohta
4 artiklan 5 kohdan d alakohta	4 artiklan 5 kohdan e alakohta
4 artiklan 5 kohdan d alakohdan i alakohta	—
4 artiklan 5 kohdan d alakohdan ii alakohta	—
4 artiklan 5 kohdan d alakohdan iii alakohta	—

Direktiivi 2004/40/EY	Tämä direktiivi
4 artiklan 5 kohdan d alakohdan iv alakohta	—
4 artiklan 5 kohdan e alakohta	4 artiklan 5 kohdan f alakohta
4 artiklan 5 kohdan f alakohta	4 artiklan 5 kohdan g alakohta
—	4 artiklan 5 kohdan h alakohta
—	4 artiklan 5 kohdan i alakohta
4 artiklan 5 kohdan g alakohta	4 artiklan 5 kohdan j alakohta
4 artiklan 5 kohdan h alakohta	4 artiklan 5 kohdan k alakohta
—	4 artiklan 6 kohta
4 artiklan 6 kohta	4 artiklan 7 kohta
5 artiklan 1 kohta	5 artiklan 1 kohta
5 artiklan 2 kohdan johdantolause	5 artiklan 2 kohdan johdantolause
5 artiklan 2 kohdan a–c alakohta	5 artiklan 2 kohdan a–c alakohta
—	5 artiklan 2 kohdan d alakohta
—	5 artiklan 2 kohdan e alakohta
5 artiklan 2 kohdan d–g alakohta	5 artiklan 2 kohdan f–i alakohta
—	5 artiklan 4 kohta
5 artiklan 3 kohta	5 artiklan 5 kohta
—	5 artiklan 6 kohta
—	5 artiklan 7 kohta
5 artiklan 4 kohta	5 artiklan 8 kohta
—	5 artiklan 9 kohta
5 artiklan 5 kohta	5 artiklan 3 kohta
6 artiklan johdantolause	6 artiklan johdantolause
6 artiklan a alakohta	6 artiklan a alakohta
6 artiklan b alakohta	6 artiklan b alakohta
—	6 artiklan c alakohta
6 artiklan c kohta	6 artiklan d alakohta
6 artiklan d alakohta	6 artiklan e alakohta
—	6 artiklan f alakohta

Direktiivi 2004/40/EY	Tämä direktiivi
6 artiklan e alakohta	6 artiklan g alakohta
6 artiklan f alakohta	6 artiklan h alakohta
—	6 artiklan i alakohta
7 artikla	7 artikla
8 artiklan 1 kohta	8 artiklan 1 kohta
8 artiklan 2 kohta	—
8 artiklan 3 kohta	8 artiklan 2 kohta
9 artikla	9 artikla
—	10 artikla
10 artiklan 1 kohta	11 artiklan 1 kohdan c alakohta
10 artiklan 2 kohdan a alakohta	11 artiklan 1 kohdan a alakohta
10 artiklan 2 kohdan b alakohta	11 artiklan 1 kohdan b alakohta
11 artikla	—
—	12 artikla
—	13 artikla
—	14 artikla
—	15 artikla
13 artiklan 1 kohta	16 artiklan 1 kohta
13 artiklan 2 kohta	16 artiklan 2 kohta
—	17 artikla
14 artikla	18 artikla
15 artikla	19 artikla
Liite	Liite I, liite II ja liite III
—	Liite IV

Direktiivissä 2013/53/EU (nk. EMF-direktiivi) säädetään turvallisuutta koskevat vähimmäisvaatimukset työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Tämä käytännön opas on laadittu avuksi työnantajille, varsinkin pk-yrityksille, jotta ne tietävät, mitä niiden on tehtävä täyttääkseen direktiivin vaatimukset. Oppaasta saattaa olla hyötyä myös EU-maiden työntekijöille, työntekijöiden edustajille ja sääntelyviranomaisille. Oppaassa on kaksi osaa ja erityinen pk-yrityksille tarkoitettu opas.

Käytännön oppaan osassa I annetaan ohjeita riskinarvioinnin tekemisestä ja lisäohjeita käytettävissä olevista vaihtoehdoista, kun työnantajien on toteutettava muita suojaus- tai ehkäisytoimenpiteitä.

Osassa 2 esitetään 12 tapauselostusta, joista työnantajat saavat opastusta siihen, miten arvioinnit voi toteuttaa. Lisäksi oppaassa kuvataan muutamia ehkäiseviä ja suojaavia toimenpiteitä, jotka työnantajat voivat valita toteutettaviksi. Tapauselostukset ovat yleistettävissä moniin työpaikkoihin, mutta ne on laadittu todellisten työtilanteiden pohjalta.

Pk-yrityksille tarkoitettussa oppaassa annetaan ohjeita sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien alustavaan arvioimiseen työpaikalla. Sen avulla on arvioinnin pohjalta helpompi päättää, edellyttääkö EMF-direktiivi jatkotoimia.

Tämä julkaisu on saatavilla sähköisessä muodossa kaikilla EU:n virallisilla kielillä.

Voit ladata EU:n julkaisuja tai rekisteröityä tilaajaksi maksutta osoitteessa

<http://ec.europa.eu/social/publications>

Jos haluat saada säännöllisesti tietoa työllisyys-, sosiaali- ja osallisuusasioiden pääosaston toiminnasta, rekisteröidy maksutta sähköisen Social Europe -tietolehtisen tilaajaksi osoitteessa

<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>



<https://www.facebook.com/socialeurope>



https://twitter.com/EU_Social

