



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Bronnen van elektromagnetische velden en blootstelling van burgers**

RIVM rapport 2014-0132

R. Stam | M.J.M. Pruppers | J.F.B. Bolte





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Bronnen van elektromagnetische velden en blootstelling van burgers**

RIVM Rapport 2014-0132

## Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

R. Stam, Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid  
M.J.M. Pruppers, Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid  
J.F.B. Bolte, Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid

Contact:

Rianne Stam  
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid  
riane.stam@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Directoraat-Generaal Milieu en Internationaal, directie Veiligheid en Risico's, in het kader van het project 'M/610790/10/OA Elektromagnetische velden'.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

### **Bronnen van elektromagnetische velden en blootstelling van burgers**

Elektromagnetische velden kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid, wanneer ze sterker zijn dan de grenzen die door de Raad van de Europese Unie voor burgers zijn aanbevolen. Daarom heeft het RIVM op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) een verkennend literatuuronderzoek uitgevoerd naar bronnen en sterkten van elektromagnetische velden waaraan burgers in Nederland kunnen blootstaan.

Voor een goed begrip van de resultaten is het van belang om te weten dat er twee soorten grenzen zijn: het niveau van warmte of elektrisch veld dat *in* het lichaam wordt opgewekt als gevolg van een elektromagnetisch veld (basisrestricties) en de sterkte van het elektromagnetische veld *buiten* het lichaam (referentieniveaus). Aangezien het niveau in het lichaam niet is te meten, is hiervan als hulpmiddel de sterkte van het veld afgeleid dat buiten het lichaam wel te meten is. Als de referentieniveaus buiten het lichaam worden overschreden, is nader onderzoek nodig om te bepalen of dat ook voor de basisrestricties geldt. Vanwege de veiligheidsmarges die bij de vaststelling van de basisrestricties zijn ingebouwd, hoeven bij een overschrijding niet per definitie schadelijke effecten op te treden. Fabrikanten zijn verplicht om aan te tonen dat hun producten veilig in het gebruik zijn, ook wat betreft de blootstelling van gebruikers aan elektromagnetische velden.

Voor de meeste bronnen blijken de aanbevolen referentieniveaus niet te worden overschreden. Onder omstandigheden is dat voor sommige apparaten wel mogelijk. Dit geldt bijvoorbeeld voor apparaten die een relatief sterke elektromotor hebben en dicht bij het lichaam worden gebruikt, zoals sommige keukenapparaten en boormachines. Deze bevindingen zijn een indicatie dat voor sommige apparaten mogelijk ook de basisrestricties worden overschreden. Alleen onderzoek gericht op deze specifieke apparaten kan hierover duidelijkheid geven.

Op basis van de bevindingen van deze verkenning kunnen ministeries bepalen of vervolgacties nodig zijn. Voor de overheid, voor fabrikanten en voor individuele burgers worden handelingsperspectieven geboden. Afstand houden tot een apparaat is bijvoorbeeld een eenvoudige en effectieve manier om de blootstelling te beperken.

Trefwoorden: elektromagnetische velden; blootstelling van de bevolking; referentieniveaus; basisrestricties; gezondheidseffecten



## Abstract

### **Sources of electromagnetic fields and exposure of members of the public**

Electromagnetic fields can cause adverse health effects when they are stronger than the limits advised by the Council of the European Union for members of the general public. Therefore, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has performed, at the request of the Ministry of Infrastructure and the Environment, an exploratory literature survey into sources and strengths of electromagnetic fields that the population of the Netherlands can be exposed to.

For a better understanding of the results it is important to know that there are two types of limits: the level of heat or electric field generated *inside* the body by an electromagnetic field (basic restrictions) and the strength of the electromagnetic field *outside* the body (reference levels). Because the level inside the body cannot be measured, the strength of the field outside the body is derived which can be measured. When the reference levels outside the body are exceeded, a more detailed assessment is necessary to determine whether the basic restrictions are exceeded. Since safety margins were built in when the basic restrictions were determined, adverse health effects do not necessarily occur when they are exceeded. Manufacturers have the obligation to demonstrate that their products can be used safely, also with respect to exposure of users to electromagnetic fields.

For the majority of sources the reference levels appeared to be not exceeded. In certain circumstances near some devices exceeding is possible. Examples are devices with a strong electric motor that are used close to the body, such as kitchen appliances or electric drills. These findings are an indication that for some devices basic restrictions can be exceeded as well. Only research into these specific devices can throw some light on this.

On the basis of the findings of this exploratory investigation ministries can decide whether follow-up actions are needed. For the government, for manufacturers and for individual citizens prospects for action are given. For instance, keeping one's distance to a device is a simple and effective way to limit exposure.

Keywords: electromagnetic fields; public exposure; reference levels; basic restrictions; health effects





## Inhoud

Samenvatting — 9

### **1 Inleiding — 11**

- 1.1 Aanleiding en vraagstelling — 11
- 1.2 Afbakening — 11
- 1.3 Definities en beschermingssysteem — 11
  - 1.3.1 Definities — 11
  - 1.3.2 Basisrestricties — 12
  - 1.3.3 Referentieniveaus — 13
- 1.4 Methoden — 13
  - 1.4.1 Literatuuronderzoek — 13
  - 1.4.2 Verwerking van gegevens — 15
- 1.5 Leeswijzer — 16

### **2 Bronnen van velden met frequenties van 0 tot 100 kilohertz — 17**

- 2.1 Begrenzing en gezondheidseffecten — 17
- 2.2 Bronnen en sterkte van velden — 17
  - 2.2.1 Elektriciteitsvoorzieningen — 17
  - 2.2.2 Huishoudelijke apparatuur — 17
  - 2.2.3 Gereedschap — 18
  - 2.2.4 Beveiliging — 19
  - 2.2.5 Vervoer — 19
  - 2.2.6 Vrije tijd — 19
- 2.3 Kanttekeningen — 20

### **3 Bronnen van velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz — 23**

- 3.1 Begrenzing en gezondheidseffecten — 23
- 3.2 Bronnen en sterkte van velden — 23
  - 3.2.1 Elektriciteitsvoorzieningen — 23
  - 3.2.2 Huishoudelijke apparatuur — 23
  - 3.2.3 Radio, televisie en telecommunicatie — 23
  - 3.2.4 Radar — 24
  - 3.2.5 Beveiliging — 24
- 3.3 Kanttekeningen — 24

### **4 Discussie en handelingsperspectieven — 27**

- 4.1 Beoordeling van de blootstelling — 27
- 4.2 Hiaten en vervolgonderzoek aan de blootstelling — 28
- 4.3 Mogelijke langetermijneffecten — 29
- 4.4 Handelingsperspectief voor de overheid — 31
- 4.5 Handelingsperspectief voor fabrikanten — 32
- 4.6 Handelingsperspectief voor burgers — 32

Literatuur — 35

Afkortingen en begrippen — 41

Bijlage 1 Basisrestricties en referentieniveaus in de EU-aanbeveling — 43

Bijlage 2 Basisrestricties en referentieniveaus voor leden van de algemene bevolking in ICNIRP, 2010 — 53

Bijlage 3 Regelgeving, normen en voorzorgsbeleid — 55



## Samenvatting

*Elektromagnetische velden kunnen bij mensen gezondheidsschade veroorzaken, als ze sterker zijn dan de geldende limieten.* Elektrische, magnetische en elektromagnetische velden ontstaan in de buurt van elektrische apparaten, stroomgeleiders en zenders. Velden boven een bepaalde sterkte kunnen de zintuigen prikkelen of schadelijk zijn voor de gezondheid. Het gaat daarbij om kortetermijneffecten die direct merkbaar zijn. Velden met frequenties tussen 0 en 10 megahertz kunnen het zien van lichtflitsen of pijnlijke prikkeling van zenuwen veroorzaken als ze sterk genoeg zijn. Velden met frequenties tussen 100 kilohertz en 300 gigahertz kunnen leiden tot overmatige opwarming en weefselschade. Om deze effecten te voorkómen heeft een internationale wetenschappelijke commissie (ICNIRP) limieten voor de sterkte van de velden vastgesteld. Bij een sterkte onder deze limieten treden geen effecten op de zintuigen of gezondheidseffecten op. De limieten zijn opgenomen in een aanbeveling van de Europese Unie, maar niet in Nederlandse wetgeving.

*De overheid zorgt ervoor dat regelmatig wordt nagegaan of er extra beleid nodig is om mensen tegen gezondheidsschade te beschermen.* Op verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) inventariseerde het RIVM welke bronnen van blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden er in Nederland kunnen zijn en wat de maximale sterkte van deze velden is. De resultaten kunnen ministeries helpen te bepalen of er vervolgacties nodig zijn. Omdat voornamelijk gebruik werd gemaakt van literatuurreviews en overzichtsrapporten, moet deze inventarisatie worden gezien als een verkenning.

*Om in de praktijk overschrijding van de limieten te controleren, kan men de sterkte van het veld buiten het lichaam meten.* De limieten in de Europese aanbeveling zijn verdeeld in basisrestricties en referentieniveaus. Elektrische, magnetische en elektromagnetische velden buiten het lichaam kunnen elektrische velden, stromen en opbouw van warmte in het lichaam veroorzaken. De basisrestricties zijn limieten aan de sterkte van deze velden, stromen en warmteopbouw. Omdat deze verschijnselen in het lichaam moeilijk te meten zijn, staan er in de Europese aanbeveling ook referentieniveaus voor de sterkte van de velden buiten het lichaam. Als de referentieniveaus worden overschreden, is dit een indicatie dat de basisrestricties mogelijk worden overschreden. Als de referentieniveaus niet worden overschreden, kan men ervan uitgaan dat de basisrestricties niet worden overschreden.

*Voor sommige apparatuur blijkt de maximale sterkte van het veld buiten het lichaam te hoog.* In de buurt van sommige elektriciteitsvoorzieningen en sommige modellen huishoudelijke apparatuur, elektrisch gereedschap en beveiligingspoortjes kunnen onder bepaalde omstandigheden overschrijdingen van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling voorkomen. Bij een beperkter aantal van deze toepassingen kunnen ook overschrijdingen van de recentere, minder strenge referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 voorkomen. Of de bijbehorende basisrestricties ook kunnen worden overschreden, moet nog nader worden onderzocht. In zowel de referentieniveaus als de basisrestricties zitten veiligheidsmarges, zodat er bij overschrijdingen niet onmiddellijk merkbare effecten op hoeven te treden. Van een aantal nieuwere bronnen van velden (bijvoorbeeld draadloos opladen en mobiele satellietzenders) werden nog geen gegevens over de blootstelling gevonden.

*Er is verder onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in de werkelijke blootstelling, nu en in de toekomst.* In vervolgonderzoek naar aanleiding van deze verkennende inventarisatie zou kunnen worden gezocht naar gegevens over de sterkte van de velden, van de stromen en van de warmteopbouw in het lichaam in verhouding tot de basisrestricties. Ook zou nader onderzoek kunnen worden gedaan naar nieuwe bronnen van velden, die ontstaan door nieuwe technologische ontwikkelingen. In dit rapport worden in de inventarisatie voor ieder type apparaat de maximale gerapporteerde veldsterkten gebruikt. Omdat verschillende uitvoeringen van eenzelfde type apparaat verschillende veldsterkten geven, is deze maximale waarde voor de meeste apparaten van dat type een te hoge schatting van de werkelijke veldsterkte. Om meer inzicht te krijgen in de werkelijke blootstelling in het dagelijks leven zouden burgers met veldsterktemeters kunnen worden uitgerust. Daarbij kunnen ook de bijdragen van meerdere bronnen en frequenties tegelijk worden onderzocht.

Soms worden er in onderzoeken verbanden gevonden tussen langdurige blootstelling aan velden met een sterkte lager dan de limieten in de Europese aanbeveling en bepaalde vormen van kanker of ziekten van het zenuwstelsel. Deze verbanden zijn wetenschappelijk nog onvoldoende bewezen. Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen voor welke soorten bronnen een dergelijk verband wordt gevonden en hoe het samenhangt met bepaalde eigenschappen van de blootstelling (bijvoorbeeld plaats, tijdsduur, frequenties).

*De bevindingen in dit rapport bieden verschillende handelingsperspectieven.* De overheid kan overwegen of er gezien de uitkomsten nieuwe onderzoeken naar de blootstelling, extra voorlichting aan burgers, nieuwe overeenkomsten met fabrikanten of beheerders van de bronnen, of nieuwe regelgeving nodig zijn. Fabrikanten zijn wettelijk verplicht om aan te tonen dat hun producten veilig zijn wat betreft blootstelling van gebruikers aan elektromagnetische velden. Om dat aan te tonen kunnen zij ervoor zorgen dat hun producten voldoen aan Europese productnormen die garanderen dat bij normaal gebruik de basisrestricties niet worden overschreden. Fabrikanten zouden bij het ontwerpen van nieuwe apparatuur verder kunnen gaan en kunnen voorkómen dat bij normaal gebruik de referentieniveaus worden overschreden. Burgers zouden bijvoorbeeld - om de blootstelling zo laag mogelijk te maken - bij het gebruik van bepaalde huishoudelijke apparatuur en elektrisch gereedschap een zo groot mogelijke maar wel realistische afstand tot het lichaam kunnen houden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en vraagstelling

In 2004 heeft het RIVM een probleemanalyse uitgevoerd naar de blootstelling als gevolg van bronnen van elektromagnetische velden in het frequentiegebied van 300 hertz tot 300 gigahertz (Bolte en Pruppers, 2004). Het frequentiegebied van 300 hertz tot 100 kilohertz wordt het intermediaire gebied genoemd en het gebied van 100 kilohertz tot 300 gigahertz het radiofrequente gebied. De conclusie daarvan was dat er geen systematisch overzicht van alle bronnen van velden in Nederland en hun bijdragen aan de totale blootstelling bestaat. Het rapport uit 2004 geeft een overzicht van de Nederlandse situatie voor drie groepen bronnen van velden: 'communicatie-apparatuur', 'huishoudelijke apparatuur en gebruiksartikelen' en 'detectie-apparatuur'. In 2005 deed het RIVM een analyse van extreem-laagfrequente velden van huishoudelijke apparatuur met frequenties van 0 tot 300 hertz (Kelfkens en Pruppers, 2005). Er zijn echter ook andere bronnen van blootstelling van de bevolking aan extreem-laagfrequente velden. Voorbeelden daarvan zijn vervoersmiddelen en beveiligingssystemen.

De informatie in de rapporten uit 2004 en 2005 is inmiddels bijna tien jaar oud. Er zijn in de tussentijd nieuwe technologieën geïntroduceerd die bedoeld of onbedoeld elektrische, magnetische of elektromagnetische velden produceren waaraan leden van de bevolking kunnen worden blootgesteld. Het huidige rapport heeft als doel alle bronnen van blootstelling van de algemene bevolking te inventariseren. De opdrachtgever moet het resultaat van de inventarisatie kunnen gebruiken voor het beantwoorden van de vraag of er gezien EU-aanbeveling 1999/519/EG (Raad van de Europese Unie, 1999) en gezien de nieuwe aanbevelingen van de 'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection' (ICNIRP) over laagfrequente velden uit 2010 beleidsinspanning van IenM nodig is, nu of in de toekomst. Voor het beantwoorden van die vraag is inzicht in de sterkte van de door deze bronnen gegenereerde velden gewenst.

## 1.2 Afbakening

De huidige analyse richt zich uitsluitend op bronnen en sterkten van velden waaraan leden van de algemene bevolking bij normaal gebruik kunnen worden blootgesteld. Onder normaal gebruik vallen hier bedoeld en voorzienbaar gebruik. Hiertoe hoort niet de apparatuur die gebruikt wordt voor diagnose of behandeling van patiënten in de reguliere gezondheidszorg. Ook blootstelling in arbeidssituaties wordt nadrukkelijk uitgesloten. Naast het radiofrequente en het intermediaire gebied in de probleemanalyse van 2004 wordt ook het extreem-laagfrequente gebied meegenomen. Gezien de beperkingen die werden gesteld aan de gebruikte literatuur (voornamelijk reviews en overzichtsrapporten, zie paragraaf 1.4), is het huidige rapport nadrukkelijk een verkenning en niet een uitputtende inventarisatie van alle beschikbare gegevens.

## 1.3 Definities en beschermingssysteem

### 1.3.1 Definities

Elektrische velden ontstaan door een elektrische lading of veranderende magnetisch velden. Magnetische velden ontstaan door een bewegende lading of

door veranderende elektrische velden, zoals die bij een geleider waar wisselstroom door loopt. Het aantal golfbewegingen in de sterkte van de velden per tijdseenheid noemt men de frequentie. Als de frequentie wordt uitgedrukt in het aantal golfbewegingen per seconde, is de eenheid daarvan 'hertz'. De geleider, het apparaat of de zender die de velden produceert, wordt 'de bron' genoemd. Onder bepaalde voorwaarden, op een bepaalde afstand van de bron, zijn het elektrische en magnetische veld volledig gekoppeld en in fase en spreekt men van het elektromagnetische verre veld. Op kortere afstand is de koppeling nog niet volledig en spreekt men van het elektromagnetische nabije veld.

In het huidige rapport wordt de term 'blootstelling' in twee betekenissen gebruikt. Soms wordt bedoeld: 'het blootgesteld zijn of worden'. In de meeste gevallen wordt met 'blootstelling' bedoeld: 'de sterkte van het veld dat buiten op het lichaam valt', ofwel de fysische grootheid die kan worden gemeten of berekend. In het Engels wordt die grootheid buiten het lichaam 'exposure' genoemd (de meetbare grootheden in het lichaam vallen onder het begrip 'dosimetry'). Met een 'bron' wordt het object (draad, zendantenne, apparaat, ...) bedoeld dat de elektrische of magnetische velden veroorzaakt of de elektromagnetische velden uitzendt.

In de analyse in het huidige rapport is ervoor gekozen om een zo breed mogelijk scala aan bronnen van blootstelling van de bevolking te inventariseren. Voor al deze bronnen is de sterkte van de velden buiten het lichaam vergeleken met de referentieniveaus. Van de kleinere selectie van bronnen in dit rapport waarvoor overschrijdingen van de referentieniveaus zijn gevonden, kan in een later stadium de mogelijke overschrijding van de basisrestricties worden onderzocht.

### 1.3.2 *Basisrestricties*

Ter bescherming tegen gezondheidseffecten als gevolg van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden heeft ICNIRP richtsnoeren gegeven. Voor velden met frequenties van 0 tot 10 megahertz zijn er basisrestricties gesteld in termen van de maximale sterkte van elektrische velden en stromen die externe velden in het lichaam opwekken. Deze basisrestricties voorkomen verschillende soorten stimulatie van zintuigen en zenuwcellen. De basisrestricties in het frequentiegebied van 1 tot 400 hertz voorkomen stimulatie van het netvlies, waardoor lichtflitsen kunnen worden gezien. In Europese wetgeving voor de bescherming van werknemers worden deze effecten 'veiligheidseffecten' genoemd. Ze kunnen de gezondheid namelijk niet direct schaden maar wel veiligheidsrisico's geven door een schrikreactie (Parlement en Raad, 2013). Bij een zekere sterkte van de velden boven de basisrestricties kan ook prikkeling van zenuwvezels ontstaan. Als de velden sterk genoeg zijn, kan dat leiden tot tintelingen of pijn. In de Europese wetgeving voor werknemers worden dergelijke effecten 'gezondheidseffecten' genoemd, omdat ze schadelijk voor de gezondheid kunnen zijn. Voor frequenties van 400 hertz tot 100 kilohertz zijn de basisrestricties uitsluitend gebaseerd op het optreden van prikkeling van zenuwvezels (ICNIRP, 1998; ICNIRP, 2010).

Voor velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz zijn er basisrestricties gesteld in termen van het maximale specifieke energieabsorptietempo (Engels: specific absorption rate, SAR) en de maximale vermogensdichtheid. Deze basisrestricties voorkomen overmatige opwarming van het lichaam of delen daarvan, waardoor hittestress of schade aan weefsels of organen zou kunnen ontstaan. Voor vergelijking met de basisrestricties dienen de gemeten SAR-waarden te worden gemiddeld over een periode van zes minuten (ICNIRP, 1998).

### 1.3.3 *Referentieniveaus*

Uit de basisrestricties zijn referentieniveaus afgeleid in termen van de elektrische en magnetische veldsterkte en de magnetische fluxdichtheid buiten het lichaam, die gemakkelijker te meten zijn. Voor velden met frequenties tussen 10 megahertz en 300 gigahertz zijn er daarnaast referentieniveaus voor de equivalente vermogensdichtheid. Voor frequenties tussen 100 kilohertz en 10 gigahertz dienen de gemeten waarden te worden gemiddeld over een periode van zes minuten. Als deze referentieniveaus niet worden overschreden, kan men ervan uitgaan dat de basisrestricties ook niet worden overschreden. Als de referentieniveaus worden overschreden, kan men maatregelen nemen om de blootstelling te verminderen of door berekeningen aantonen dat de basisrestricties niet worden overschreden. Verder zijn er aparte referentieniveaus voor contactstroom en stroom door de extremiteiten (ICNIRP, 1998).

De Raad van de Europese Unie heeft de basisrestricties en referentieniveaus van ICNIRP uit 1998 overgenomen in zijn aanbeveling voor beperking van blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden (Raad van de Europese Unie, 1999; verder genoemd 'de Europese aanbeveling'). De Raad beveelt hierin aan om ervoor te zorgen dat genoemde basisrestricties worden nageleefd en, om dat te vergemakkelijken, rekening te houden met de referentieniveaus. Meer informatie over de basisrestricties en referentieniveaus in de Europese aanbeveling is te vinden in Bijlage 1. Inmiddels heeft ICNIRP haar richtsnoeren herzien voor velden met frequenties tussen 1 en 10 megahertz. In de nieuwe richtsnoeren zijn op basis van recente wetenschappelijke inzichten de basisrestricties en referentieniveaus voor een deel van het frequentiegebied verhoogd (ICNIRP, 2010). Het is niet bekend of, en zo ja wanneer, deze nieuwe richtsnoeren worden opgenomen in de Europese aanbeveling. Meer informatie over de basisrestricties en referentieniveaus in de ICNIRP-richtsnoeren uit 2010 is te vinden in Bijlage 2.

## 1.4 **Methoden**

### 1.4.1 *Literatuuronderzoek*

Voor het inventariseren van bronnen en sterkten van velden werden websites van relevante organisaties doorzocht en zoektermen ingevoerd in zoeksystemen voor wetenschappelijke onderzoekspublicaties. Omwille van de beschikbare tijd is niet gezocht naar alle publicaties over individuele onderzoeken, maar werd de voorkeur gegeven aan overzichtsrapporten en reviews die meerdere (typen) bronnen beslaan. Categoriale zoektermen hebben daarnaast het voordeel dat ook bronnen kunnen worden geïdentificeerd die niet al bij de onderzoekers bekend waren. Er werd alleen naar aanvullende informatie in individuele onderzoekspublicaties gezocht als van een eerder geïdentificeerde bron geen gegevens over de sterkte van de velden in overzichtsrapporten of reviews werden gevonden. Er werd alleen naar publicaties in het Nederlands, Engels, Duits of Frans gezocht en in eerste instantie alleen in het tijdvak 1998 tot en met 2013. Als in dit tijdvak geen publicaties in een bepaalde categorie bronnen werd gevonden, werd ook in de periode vóór 1998 gezocht.

Voor overzichtsrapporten ('grijze literatuur') werden in de periode maart tot augustus 2013 de websites van de organisaties doorzocht (zie Tabel 1).

Tabel 1 Organisaties waarvan websites zijn bezocht ('grijze literatuur')

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Frankrijk)	- Forschungsgemeinschaft Funk (Duitsland)
- Agence Nationale des Fréquences (Frankrijk)	- Foundation for Research on Information Technologies in Society (Zwitserland)
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (Frankrijk)	- Gezondheidsraad (Nederland)
- Agentschap Telecom (Nederland)	- Health and Safety Executive (VK)
- Antennebureau (Nederland)	- Health Canada
- Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Authority	- Hoge Gezondheidsraad (België)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (Duitsland)	- ICNIRP
- Bundesamt für Gesundheit (Zwitserland)	- Industry Canada
- Bundesamt für Strahlenschutz (Duitsland)	- Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Frankrijk)
- Bundesamt für Umwelt (Zwitserland)	- Institut National de Recherche et de Sécurité (Frankrijk)
- Californian Council on Science and Technology (VS)	- Institut Scientifique de Service Public (België)
- Centers for Disease Control and Prevention (VS)	- International Institute of Electrical and Electronics Engineers
- DNV GL (voorheen KEMA, Nederland)	- Milieurapport Vlaanderen (België)
- European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure	- National Institute for Occupational Safety and Health (VS)
- Electric Power Engineering Centre (Nieuw-Zeeland)	- National Institute of Environmental Health Sciences (VS)
- Electric Power Research Institute (VS)	- Radiation and Nuclear Safety Authority (Finland)
- EMF-Portal (Duitsland)	- RIVM (Nederland)
- Environmental Protection Agency (VS)	- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
- Europese Commissie	- Seibersdorf Laboratories (Oostenrijk)
- EU Seawind Project	- Strahlenschutzkommission (Duitsland)
- Federal Communications Commission (VS)	- Swedish Radiation Safety Authority
- Food and Drug Agency (VS)	- TNO (Nederland)
	- VITO (België)
	- Whist Labs (Frankrijk)
	- World Health Organization

Voor (reviews van) onderzoekpublicaties werd in februari 2013 in de databases Pubmed en Scopus gezocht naar publicaties met de volgende zoektermen:

Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>):  
 (overview OR summary OR list OR database) AND (electromagnetic OR electromagnetism OR magnetic OR electric OR non-ionizing OR non-ionising OR elf OR rf OR emf) AND (field OR radiation OR exposure OR intensity OR "field strength" OR "flux density") AND (measurement OR model OR modeling OR calculation) AND (communication OR wireless OR cordless OR broadcast OR transmitter OR detection OR "household appliance" OR "domestic appliance" OR "personal care" OR "kitchen appliance" OR "office equipment" OR ict OR "information communication technology" OR "consumer electronics" OR audiovisual OR transport OR tools OR "do-it-yourself" OR diy OR gardening OR leisure)



Scopus (<http://www.scopus.com/>):  
 TITLE-ABS-KEY((overview OR summary OR list OR database) AND  
 (electromagnetic OR electromagnetism OR magnetic OR electric OR non-ionizing  
 OR non-ionising OR elf OR rf OR emf) AND (field OR radiation OR exposure OR  
 intensity OR "field strength" OR "flux density") AND (measurement OR model OR  
 modeling OR calculation) AND (communication OR wireless OR cordless OR  
 broadcast OR transmitter OR detection OR "household appliance" OR "domestic  
 appliance" OR "personal care" OR "kitchen appliance" OR "office equipment" OR  
 ict OR "information communication technology" OR "consumer electronics" OR  
 audiovisual OR transport OR tools OR "do-it-yourself" OR diy OR gardening OR  
 leisure))

#### 1.4.2 *Verwerking van gegevens*

Tijdens het startoverleg van de auteurs is geïnventariseerd welke elementen (kolommen) een overzicht van relevante bronnen van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden voor blootstelling van de bevolking dient te bevatten. Na het uitvoeren van een pilot is het aantal elementen verder ingeperkt. De uiteindelijke database met bronnen van velden bevat de volgende kolommen: frequentie(gebied); signaalvorm; de laagst en hoogst gemeten maximum sterkte van de velden (magnetische fluxdichtheid, elektrische veldsterkte, vermogensdichtheid), als absolute waarde en als percentage van EU-referentieniveaus uit 1999 en ICNIRP-referentieniveaus uit 2010; een maat voor de zekerheid van de sterkte van de velden (gemeten, berekend of geschat); afstand tot de bron voor maximum sterkte; locatie waar de blootstelling plaatsvindt; omvang van de blootgestelde groep. De sterkte van eventuele contactstromen is in de huidige analyse niet meegenomen.

Bij het verwerken van literatuur zijn bij voorkeur waarden voor de sterkte van de velden ingevuld die in Nederland gemeten zijn. Als die voor dat type bron niet beschikbaar waren, zijn waarden gebruikt die in andere lidstaten van de Europese Unie zijn gemeten. Als die niet beschikbaar waren, zijn waarden gebruikt die in landen buiten de Europese Unie zijn gemeten, met een voorkeur voor landen waar de technische eigenschappen van de bron (frequentie, spanning) het best vergelijkbaar zijn met die in Nederland.

Voor elke bron van velden is de maximale sterkte van de velden per publicatie in de database vermeld. Waar mogelijk werden bronnen met een vergelijkbare functie onder één type bron geschaard. Als in een publicatie meerdere merken of modellen van dezelfde bron zijn bemeten, zijn zowel de hoogst gemeten maximumwaarde als de laagst gemeten maximumwaarde in de database opgenomen. De maximumwaarde is normaliter de sterkte van de velden op de kortste afstand tot de bron bij normaal gebruik, maar door gestandaardiseerde meetafstanden of ruimtelijke inhomogeniteiten van de velden hoeft dat niet altijd zo te zijn.

Op basis van de hoogst gemeten maximumwaarde van de sterkte van velden is voor de bijbehorende (hoofd)frequentie het percentage van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling en van de ICNIRP-aanbevelingen van 2010 uitgerekend. Als voor een bepaalde bron de sterkte van de velden in meerdere grootheden is weergegeven, is voor het berekenen van het percentage van de referentieniveaus die grootheid gebruikt waarvoor dat percentage het hoogst is. Als de publicatie alleen een percentage van de referentieniveaus vermeldde, is dat percentage rechtstreeks overgenomen in de betreffende kolom van de database.

Het komt voor dat de sterkte van de velden is gemeten bij meerdere frequenties of in frequentiebanden. In dat geval is de waarde bij de frequentie(component) met de sterkste velden als percentage van de referentieniveaus gebruikt, of de waarde bij de smalst gemeten frequentieband met de sterkste velden. In werkelijkheid kunnen de gegenereerde velden uit een complexe samenstelling van frequenties bestaan, die allemaal een bijdrage aan de blootstelling kunnen leveren. Dergelijke analyses zijn op basis van de beschikbare gegevens in de gebruikte publicaties meestal niet te doen. Het feit dat er een overschrijding van de referentieniveaus bij één hoofdfrequentie is gevonden is een indicatie dat verdere analyse nodig is.

Uiteindelijk werden voor de gegevens over de sterkte van de velden in de database de volgende referenties gebruikt: Bolte en Pruppers, 2004; Bornkessel et al., 2011; Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2010; Boivin et al., 2003; Bundesamt für Gesundheit, 2013; Christ et al., 2013; Clemens et al., 2011; Decat et al., 2006; Decat, 2007; Dusseldorp et al., 2009; Electric Power Engineering Centre, 2012; Electric Power Research Institute, 2011; EMF-Portal, 2013; Farag et al., 1998; Gauger, 1985; Harris et al., 2000; Joseph et al., 2012a; Joseph et al., 2012b; Kelfkens en Pruppers, 2005; Koppel en Ahonen, 2013; Leitgeb et al., 2008a; Leitgeb et al., 2008b; Licitra et al., 2004; Pirard, 2000; Nadakuduti et al., 2011; National Radiological Protection Board, 2001; Rowley en Joyner, 2012; Schmid et al., 2005; Schmid et al., 2007; Seomun et al., 2014; Trulsson et al., 2007; Van der Plas et al., 2001; Verschaeve et al., 2004; Vignati en Giuliani, 1997.

## **1.5 Leeswijzer**

De resultaten van de analyse van bronnen en sterkte van velden zijn vermeld in twee hoofdstukken. In Hoofdstuk 2 worden de belangrijkste bronnen van velden met frequenties tussen 0 en 100 kilohertz besproken en wordt hun sterkte gecategoriseerd van hoog naar laag. In Hoofdstuk 3 worden de belangrijkste bronnen van velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz besproken en wordt hun sterkte gecategoriseerd van hoog naar laag. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten geduid in termen van relevantie voor beleid. Daarnaast worden de beperkingen van het onderzoek besproken en suggesties gedaan voor vervolgonderzoek. In de bijlagen is meer informatie te vinden over de inhoud van de Europese aanbeveling, over de ICNIRP-richtsnoeren en over Europese en Nederlandse regelgeving op het gebied van blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden.

## 2 Bronnen van velden met frequenties van 0 tot 100 kilohertz

### 2.1 Begrenzing en gezondheidseffecten

Het frequentiegebied van 0 tot 100 kilohertz omvat de zogenaamde 'extreem-laagfrequente' velden (0 tot 300 hertz) en de intermediaire frequenties (300 hertz tot 100 kilohertz). In dit frequentiegebied is het voornaamste effect op het lichaam elektrische stimulatie van cellen en weefsels. Als die stimulatie sterk genoeg is, kunnen gezondheidseffecten ontstaan. Voorbeelden van effecten door elektrische stimulatie zijn het zien van lichtflitsen en pijnlijke prikkeling van zenuwen. Deze effecten zijn wetenschappelijk bevestigd (ICNIRP, 1998, 2010; Gezondheidsraad, 2000; WHO, 2007). Daarnaast zijn er effecten die wetenschappelijk niet bevestigd zijn en waarover in de maatschappij discussie is. Het gaat dan bijvoorbeeld om leukemie bij kinderen, ziekten die het zenuwstelsel aantasten, zoals de ziekte van Alzheimer, en niet-specifieke lichamelijke klachten.

### 2.2 Bronnen en sterkte van velden

In de volgende subparagrafen wordt een overzicht gegeven van bronnen van velden waarvan de magnetische fluxdichtheid of elektrische veldsterkte hoger kan zijn dan de referentieniveaus in de Europese aanbeveling. Daarnaast worden ook bronnen vermeld waarvan de blootstelling hoger is dan 75% van de referentieniveaus. Dit kan een indicatie zijn dat bij sommige modellen van de bron die niet getest zijn, overschrijdingen mogelijk zijn. De bronnen die in het literatuuronderzoek zijn geïdentificeerd, zijn in zes categorieën onderverdeeld.

#### 2.2.1 *Elektriciteitsvoorzieningen*

Hieronder vallen hoogspanningslijnen, ondergrondse elektriciteitskabels, onderstations, transformatorhuisjes en private zonnepanelen. Blootstelling kan zowel buiten optreden als in woningen, scholen of ruimten voor vrijetijdsbesteding die in de buurt van elektriciteitsvoorzieningen liggen. De frequentie van de gegenereerde velden is die van het lichtnet (50 hertz).

Daarnaast zijn er zogenaamde hogere harmonischen (frequenties met veelvoud van 50 hertz) die een bijdrage aan de blootstelling leveren.

Alleen boven ondergrondse hoogspanningskabels (spanning 220/380 kilovolt) is overschrijding van de referentieniveaus voor magnetische velden gevonden (Bornkessel et al., 2011). Het is niet bekend of deze overschrijding ook in Nederland voorkomt (Dusseldorp et al., 2009). De hogere referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 worden niet overschreden. Voor elektrische velden kunnen zowel de referentieniveaus in de Europese aanbeveling als de hogere referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 worden overschreden onder hoogspanningslijnen van 380 en 400 kilovolt (Verschaeve et al., 2004; Bornkessel et al., 2011; EMF-Portal, 2013).

#### 2.2.2 *Huishoudelijke apparatuur*

Dit is de meest diverse categorie. Hieronder valt apparatuur die op het lichtnet kan worden aangesloten of op accu's of batterijen werkt, vooral keukenapparatuur, computer en randapparatuur, audiovisuele apparatuur, elektrische dekens, apparatuur voor persoonlijke verzorging (bijvoorbeeld

scheerapparaat en haardroger), naaimachine, wasmachine, stofzuiger, ventilator, strijkijzer, elektrische verwarming en verlichting. De frequentie van de velden is meestal die van het lichtnet (50 hertz). Beeldbuizen en kookplaten kunnen ook velden met hogere frequenties genereren. Beeldbuizen, luidsprekers en apparatuur op batterijen kunnen ook statische magnetische velden genereren.

Overschrijdingen van de referentieniveaus voor magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling zijn mogelijk bij bepaalde modellen airconditioner, aquariumpomp, elektrische blikopener, broodbakmachine, broodsnijder, computer of laptop, diaprojector, geiser, haardroger, inductiekookplaat, inmaakapparaat, ijsmachine, elektrische kachel, keukenmachine (blender, snijder, vleesmolen), elektrische klok, koffiezetapparaat, luchtbevochtiger of -ontvochtiger, magnetron, elektrische manicure, massagebad, mixer, monddouche, monitor met beeldbuis, naaimachine, elektrische oven of grill, elektrische pan (fondue, frituren), elektrische pepermolen, elektrische (wekker)radio, sapcentrifuge, elektrisch scheerapparaat of tondeuse, stereo-installatie en luidsprekers, stofzuiger, strijkijzer, elektrische tandenborstel met laadstation, tapijtreiniger, televisie met beeldbuis, voeding of transformator (voor computer, speelgoed), ventilator, verlichting (gasontladings-, halogeen- of kwiklampen), verwarmingspomp, elektrische warmhoudplaat of -kast, wasmachine en elektrische waterkoker (Verschaeve et al., 2004; Bolte en Pruppers, 2004; Kelfkens en Pruppers, 2005; Leitgeb et al., 2008a; Bornkessel et al., 2011; Bundesamt für Gesundheit, 2013). In het merendeel van deze gevallen kunnen ook de hogere referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 worden overschreden. Wel is het zo dat de overschrijdingen in deze categorie op korte afstand tot de bron zijn gemeten (0 tot 5 centimeter). Voor spaarlampen en tl-buizen kunnen, ook op grotere afstand (15 centimeter), de referentieniveaus voor de elektrische veldsterkte worden overschreden (Nadakuduti et al., 2011; Bornkessel et al., 2011). Voor al deze bronnen is nadere analyse nodig om te bepalen of de basisrestricties kunnen worden overschreden (zie paragraaf 2.3).

In de buurt van bepaalde modellen epileerapparaat, elektrische kookplaat of oven, spellenconsole en elektrische voetenwarmer kan de magnetische fluxdichtheid meer dan 75% van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling bedragen (Bornkessel et al., 2011).

### 2.2.3 Gereedschap

Hieronder valt al het elektrische gereedschap dat door leden van de bevolking in of om het huis wordt gebruikt. Er werden gegevens over de sterkte van velden gevonden voor de elektrische acculader, bladerzuiger, boenmachine, boormachine of multitoolsmachine, draaibank of freesmachine, figuurzaag, grasmaaiër of -trimmer, heggenschaar, hogedrukreiniger, kettingzaag, kniptang, lasapparaat, lijmpistool, schroevendraaier, schuurapparaat, slijpmachine, snijmachine, soldeerbout, verfdroger of -spuiter, verticuteermachine, vlakschaafmachine of vijl, waterpomp en zaagmachine (Verschaeve et al., 2004; Leitgeb et al., 2008a; Bornkessel et al., 2011). De frequentie van de velden is meestal die van het lichtnet (50 hertz). Apparatuur op batterijen of (oplaadbare) accu's kan statische magnetische velden genereren.

Met uitzondering van grastrimmer, kniptang, lijmpistool, snijmachine, verfdroger en verticuteermachine zijn voor alle genoemde soorten elektrisch gereedschap met lichtnetfrequentie overschrijdingen van de referentieniveaus voor magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling en overschrijdingen van

de hogere referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 mogelijk. Voor deze bronnen is nadere analyse nodig om te bepalen of de basisrestricties kunnen worden overschreden (zie paragraaf 2.3). Voor de snijmachine en verticuteermachine kan de magnetische fluxdichtheid meer dan 75% van de referentieniveaus bedragen.

#### 2.2.4 *Beveiliging*

Hieronder valt apparatuur voor diefstalpreventie (magnetische deactivatoren en antidiefstalpoortjes in winkels) en voor beveiliging van openbare gebouwen (metaaldetectoren). De frequentie van de laagfrequente velden die deze apparatuur genereert kan variëren van 0 hertz (statisch magnetisch veld) tot 133 kilohertz (zie subparagraaf 3.2.5 voor hogere frequenties).

Bij een deel van de geteste modellen en frequenties zijn overschrijdingen van de referentieniveaus voor magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling mogelijk. Ook op grotere afstanden (15 tot 20 centimeter) zijn overschrijdingen gevonden. Bij de helft van deze modellen worden ook de referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 overschreden (Harris et al., 2000; Boivin et al., 2003; Decat et al., 2006, Trulsson et al. 2007; Bornkessel et al. 2011; Joseph et al. 2012a).

#### 2.2.5 *Vervoer*

Hieronder vallen openbare en privé-vervoersmiddelen en de voorzieningen om die te laten rijden: auto, bus, tram, metro, trein, spoorlijn en bovenleiding, en vliegtuig. Hierbij zijn zowel vervoersmiddelen op fossiele brandstoffen als elektrische vervoersmiddelen meegenomen. De frequentie van de velden die deze vervoersmiddelen genereren kan variëren van 0 hertz (statisch magnetisch veld) tot 2000 hertz.

In de categorie 'vervoer' zijn geen bronnen gevonden waarvoor de sterkte van de velden voor leden van de bevolking hoger kan zijn dan de referentieniveaus in de Europese aanbeveling, met uitzondering van de magnetische fluxdichtheid van een elektrische blower in een personenauto op maximale stand (Schmid et al., 2009).

Voor velden op de plaats van passagiers in de tram zijn magnetische fluxdichtheden gemeten die meer dan 75% van de referentieniveaus bedragen (Bornkessel et al., 2011).

#### 2.2.6 *Vrije tijd*

In deze restcategorie valt apparatuur die velden genereert waaraan leden van de bevolking bij hun vrijetijdsbesteding kunnen worden blootgesteld. Voorbeelden hiervan zijn infraroodlamp, magnetische ligmat (onderlegger voor therapie in de privésfeer), zonnebank, elektrische sauna en massageapparaat. De frequentie van de velden die deze apparaten genereren, is meestal 50 hertz.

Bij alle in de vorige alinea genoemde typen bronnen behalve massageapparaten kunnen de referentieniveaus voor magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling overschreden worden (Leitgeb et al., 2008a; Bornkessel et al., 2011). Bij massageapparaten kan de magnetische fluxdichtheid wel hoger dan 75% van de referentieniveaus zijn (Bornkessel et al., 2011). Alleen bij magnetische ligmatten kunnen ook de hogere referentieniveaus uit 2010 worden overschreden (Bornkessel et al., 2011).

## 2.3 Kanttekeningen

Bij de in de paragraaf 2.2 genoemde potentiële overschrijdingen van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling moeten de nodige kanttekeningen worden geplaatst. De eerste daarvan is dat een overschrijding van de referentieniveaus nog niet hoeft te betekenen dat de basisrestricties voor gezondheidseffecten worden overschreden. De referentieniveaus zijn zodanig opgesteld dat ook onder de meest ongunstige omstandigheden de basisrestricties niet worden overschreden als de sterkte van de velden lager is dan de referentieniveaus. Vooral als de afstand tot de bron relatief klein is of de velden ruimtelijk niet-homogeen zijn (gelokaliseerd in een deel van het lichaam) kan het zo zijn dat zelfs bij een aanzienlijke overschrijding van de referentieniveaus de basisrestricties niet worden overschreden. In die gevallen adviseert ICNIRP om de sterkte van het geïnduceerde elektrische veld in het lichaam te bepalen en te vergelijken met de basisrestricties. Als de afstand tot de bron meer dan 20 centimeter bedraagt, kan de sterkte van de velden in het algemeen worden gemiddeld over de plaats waar het lichaam zich bevindt (ICNIRP, 2010).

Bij huishoudelijke apparatuur en gereedschap kan een zogenaamde 'coupling factor' worden toegepast om een indicatie te krijgen of de basisrestricties worden overschreden. Die 'coupling factor' wordt beschreven in de Europese norm voor het meten van de blootstelling aan velden van huishoudelijke apparatuur (CENELEC, 2008). De referentieniveaus in de Europese aanbeveling zijn gedefinieerd op basis van velden die homogeen over de plaats van het lichaam zijn verdeeld. Bij huishoudelijke apparatuur en gereedschap is de blootstelling vaak niet homogeen, maar sterk gelokaliseerd. De 'coupling factor' verlaagt de gemeten sterkte van het veld als percentage van de referentieniveaus op basis van de afmetingen van de bron en de afstand tussen de bron en hoofd en romp van de gebruiker. Als het verlaagde percentage minder dan 100% van de referentieniveaus bedraagt, is dit een indicatie dat de basisrestricties niet overschreden worden. Voor huishoudelijke apparatuur en gereedschap is in het rapport met het meest uitgebreide overzicht (Bornkessel et al., 2011) ook deze 'coupling factor' toegepast. De uitkomst daarvan was, dat voor het merendeel van de in subparagraaf 2.2.2 vermelde huishoudelijke apparaten met overschrijding van de referentieniveaus geen overschrijding meer optrad na het toepassen van de 'coupling factor'. Voor het merendeel van het gereedschap in subparagraaf 2.2.3 traden nog wel overschrijdingen op na het toepassen van de 'coupling factor' (Bornkessel et al., 2011).

De tweede kanttekening is dat, vooral bij huishoudelijke apparatuur en elektrisch gereedschap, de hoogste waarde voor de magnetische fluxdichtheid meestal op korte afstand tot de bron gemeten (minder dan 5 centimeter). Voor een deel van de genoemde bronnen kan blootstelling op die afstand realistisch zijn, maar dat hoeft niet altijd het geval te zijn. Aan de andere kant werd bij sommige onderzoeken op een gestandaardiseerde afstand tot de bron gemeten (bijvoorbeeld 20 centimeter). Ook wordt soms een zogenaamde 'duty factor' toegepast om de gemeten waarde op afstand 0 te vertalen naar een waarde op de veronderstelde afstand bij normaal gebruik. Het is de vraag of dergelijke aannames altijd realistisch zijn. Ook bepaalde Europese normen adviseren dergelijke gestandaardiseerde afstanden in meetmethoden (zie bijvoorbeeld CENELEC, 2008).

De derde kanttekening is dat het focussen op de hoogst gemeten waarde per categorie bron een vertekend beeld van de meerderheid van de blootstellingen kan geven. Verschillende merken en typen bronnen in één categorie kunnen namelijk aanzienlijk verschillen (tot ongeveer een factor honderd) in de sterkte

van de gegenereerde velden (Leitgeb et al., 2008c). Het feit dat een overschrijding wordt gevonden betekent dus niet dat het waarschijnlijk is dat die overschrijding in het dagelijks leven vaak voorkomt. Alle elektrische apparaten in de categorieën 'huishoudelijke apparatuur', 'gereedschap', 'beveiliging' en 'vrije tijd' vallen onder de Europese Laagspanningsrichtlijn (Parlement en Raad, 2006b). Deze richtlijn bepaalt onder andere dat apparatuur voor een nominale wisselspanning tussen 50 en 1000 volt en voor een nominale gelijkspanning tussen 75 en 1500 volt alleen in de handel kan worden gebracht, als deze de gezondheid en veiligheid van mensen niet in gevaar brengt. Hieronder valt het voorkómen van 'stralingen die gevaar zouden kunnen opleveren'. Er worden in de richtlijn echter geen specifieke limieten genoemd. De richtlijn stelt wel dat aan deze voorwaarde wordt voldaan, als de apparatuur voldoet aan de van toepassing zijnde geharmoniseerde Europese normen (zie Bijlage 3). Die normen gaan in het algemeen ervan uit dat voldoende tegen de mogelijke gezondheidseffecten van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden wordt beschermd, als de limieten in de Europese aanbeveling niet worden overschreden. Als deze Europese normen inderdaad door alle fabrikanten zijn gehanteerd, zouden de elektrische apparaten op laagspanning die in de Europese Unie op de markt zijn, geen hogere blootstelling moeten geven dan de basisrestricties. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de basisrestricties inderdaad niet worden overschreden.

Elektrisch aangedreven gereedschap valt ook onder de Machinerichtlijn (Parlement en Raad, 2006a). Deze richtlijn noemt net als de Laagspanningsrichtlijn geen specifieke limieten, maar bepaalt dat ongewenste emissie van elektromagnetische velden van de machine moet worden geëlimineerd of verminderd tot een niveau dat geen nadelige gevolgen heeft voor personen (zie Bijlage 3). Ook de Machinerichtlijn stelt dat aan deze voorwaarde wordt voldaan als de apparatuur voldoet aan de van toepassing zijnde geharmoniseerde Europese normen (zie Bijlage 3).





## 3 Bronnen van velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz

### 3.1 Begrenzing en gezondheidseffecten

Het frequentiegebied van 100 kilohertz tot 300 gigahertz omvat de zogenaamde radiofrequente velden. In dit frequentiegebied is het voornaamste effect op het lichaam opwarming. Als die opwarming groot genoeg is, kunnen gezondheidseffecten ontstaan. Voorbeelden daarvan zijn hittestress en weefselschade. Deze effecten zijn wetenschappelijk bevestigd (WHO, 1993; ICNIRP, 1998). Daarnaast zijn er effecten die wetenschappelijk niet bevestigd zijn en waarover in de maatschappij discussie is. Het gaat dan om tumoren in het hoofd en halsgebied en niet-specifieke lichamelijke klachten.

### 3.2 Bronnen en sterkte van velden

#### 3.2.1 *Elektriciteitsvoorzieningen*

Twee relatief nieuwe toepassingen in deze categorie kunnen radiofrequente velden genereren. De eerste is het gebruik van het bestaande elektriciteitsnet in woningen voor het overdragen van informatie (bijvoorbeeld breedband-internet). De tweede toepassing is draadloze energieoverdracht met radiofrequente velden, bijvoorbeeld voor het opladen van de batterij van een mobiele telefoon.

Voor draadloze energieoverdracht zijn bij laboratoriummetingen overschrijdingen van de referentieniveaus voor elektrische veldsterkte en magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling gemeten (Christ et al., 2013). Het is nog niet duidelijk of die overschrijdingen ook bij normaal gebruik en na middeling over zes minuten kunnen optreden.

#### 3.2.2 *Huishoudelijke apparatuur*

Er is huishoudelijke apparatuur die naast velden met lichtnetfrequentie ook radiofrequente velden kan genereren. De belangrijkste subgroepen hierin zijn draadloze afstandsbedieningen, draadloze audiovisuele apparatuur, draadloze computerapparatuur, draadloze telefoons (DECT), plasma- en lcd-beeldschermen, babyfoon, magnetron en radiografisch zendende meters (bijvoorbeeld alarminstallatie, elektriciteitsmeter, rookmelder of thermostaat). De frequenties van de gegenereerde velden variëren van 150 kilohertz tot 30 gigahertz.

Dicht bij de magnetron, op een afstand van minder dan 5 centimeter, kunnen de referentieniveaus in de Europese aanbeveling worden overschreden. Hoewel ook voor een draadloze computermuis overschrijdingen zijn gerapporteerd (Bornkessel et al., 2011), is het niet waarschijnlijk dat daarbij over zes minuten is gemiddeld, zoals de Europese aanbeveling dat voorschrijft.

#### 3.2.3 *Radio, televisie en telecommunicatie*

De belangrijkste bronnen in deze categorie zijn mobiele telefoons en zendmasten voor mobiele telefonie. Daarnaast worden radiofrequente velden gegenereerd door analoge en digitale radiozenders en digitale tv-zenders, militaire zenders, zendsystemen van hulpdiensten en vliegverkeer en zenders

voor draadloos internet in openbare ruimten. De frequenties ervan variëren van 150 kilohertz tot 250 gigahertz.

Op plaatsen waar leden van de bevolking kunnen komen, zijn geen overschrijdingen van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling gevonden. Van mobiele telefoons wordt vóór het op de markt brengen in de EU door de fabrikant aangetoond dat de basisrestricties in de Europese aanbeveling niet worden overschreden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de betreffende Europese productnorm (CENELEC, 2001).

#### 3.2.4 *Radars*

Radarsystemen met velden waaraan de bevolking kan worden blootgesteld worden gebruikt voor het navigeren en lokaliseren van schepen en vliegtuigen, voor snelheidsmetingen van wegverkeer en voor militaire doelvorming. De frequenties van de door deze toepassingen gegenereerde velden variëren van 1 tot 120 gigahertz.

Er zijn voor radartoepassingen geen overschrijdingen van de referentieniveaus gevonden op plaatsen waar leden van de bevolking kunnen komen.

#### 3.2.5 *Beveiliging*

Naast de laagfrequente toepassingen die in Hoofdstuk 2 zijn beschreven, zijn er ook antidiestalspoortjes, metaaldetectorpoortjes en identificatiechips (bijvoorbeeld in startbeveiligers en portiervergrendeling van voertuigen) die radiofrequente velden genereren. De frequenties variëren van 121 megahertz tot 2,45 gigahertz. Daarnaast zijn er bodyscanners die op vliegvelden worden gebruikt en die elektromagnetische velden en optische straling met frequenties in het terahertz-gebied (tussen millimetergolven en infrarode straling) genereren.

Van de genoemde toepassingen kunnen alleen in de buurt van bepaalde modellen antidiestalspoortjes overschrijdingen van de referentieniveaus voor magnetische fluxdichtheid in de Europese aanbeveling voorkomen (Harris et al., 2000; Bolte en Pruppers, 2004; Trulsson et al., 2007; Joseph et al., 2012a). Bij kortdurend verblijf, zoals bij het binnenlopen in een winkel, zal na toepassing van de zesminutenmiddelingsregel de sterkte van de velden waarschijnlijk onder de referentieniveaus blijven.

### 3.3 **Kanttekeningen**

Net als bij laagfrequente magnetische velden kan het focussen op de hoogst gemeten waarde per categorie een vertekend beeld geven van de meerderheid van de voorkomende waarden. Ook bij radiofrequente velden is de sterkte van de velden maar bij één hoofdfrequentie van de betreffende bron vergeleken met de referentieniveaus. In werkelijkheid kunnen de velden uit meerdere frequenties bestaan, die allemaal een bijdrage aan de blootstelling kunnen leveren. Dergelijke analyses zijn op basis van de gegevens in gebruikte publicaties meestal niet te doen. Het feit dat er een overschrijding van de referentieniveaus bij één hoofdfrequentie is gevonden, is een indicatie dat verdere analyse nodig is. Ook bij radiofrequente velden hoeft een overschrijding van de referentieniveaus nog niet te betekenen dat de basisrestricties voor gezondheidseffecten worden overschreden.

Alle in subparagraaf 3.2.3 genoemde apparatuur voor radio, televisie en telecommunicatie, met uitzondering van amateurzenders en zenders voor civiele luchtvaart, en alle apparatuur in de categorie 'beveiliging' vallen onder de Europese richtlijn 1999/5/EG voor radioapparatuur en telecommunicatie-eindapparatuur (Parlement en Raad, 1999). Deze richtlijn stelt de bescherming van de gezondheid van gebruikers van dergelijke apparatuur en van anderen als eis voor toelaatbaarheid op de Europese markt. De richtlijn stelt dat aan deze eis wordt voldaan als de apparatuur voldoet aan de van toepassing zijnde geharmoniseerde Europese normen (zie Bijlage 3). Deze normen beschrijven hoe de blootstelling gemeten en berekend kan worden en hanteren de basisrestricties in de Europese aanbeveling als maatstaf voor bescherming van de gezondheid. Als deze Europese normen inderdaad door alle fabrikanten zijn gehanteerd, zou alle zendapparatuur voor radio, televisie en telecommunicatie die in de Europese Unie op de markt is geen hogere blootstelling moeten geven dan de basisrestricties. In het huidige rapport zijn voor dergelijke apparatuur ook geen overschrijdingen van de referentieniveaus gevonden.



## 4 Discussie en handelingsperspectieven

### 4.1 Beoordeling van de blootstelling

In het huidige rapport is een verkennende inventarisatie gedaan van de huidige bronnen van blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden. Voor de meeste van deze bronnen werden gegevens over de sterkte van de velden gevonden. Vooral voor bepaalde elektriciteitsvoorzieningen, huishoudelijke apparatuur, elektrisch gereedschap, en beveiligingspoortjes zijn overschrijdingen van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling mogelijk. Bij die constatering zijn wel de nodige kanttekeningen geplaatst. De belangrijkste daarvan is dat overschrijdingen van de referentieniveaus niet hoeven te betekenen dat de bijbehorende basisrestricties ter voorkoming van gezondheidseffecten worden overschreden. Deze vaststelling is belangrijk, omdat de sterkste velden vaak op korte afstand tot de bron zijn gemeten. Bij dit soort niet-homogene blootstelling kan de discrepantie tussen overschrijding van de referentieniveaus en overschrijding van de basisrestricties groter zijn dan bij homogene blootstelling van het hele lichaam. Er zijn methoden ontwikkeld om bij niet-homogene blootstelling aangepaste (hogere) referentieniveaus te berekenen, afhankelijk van de aard en locatie van de bron (Leitgeb, 2008d). Ook kan men een 'coupling factor' uitrekenen waarmee men de gemeten sterkte van de velden kan reduceren vóór de toetsing aan de referentieniveaus (CENELEC, 2008). Dit kunnen eenvoudiger methoden zijn dan het toetsen aan de basisrestricties. Ook als de referentieniveaus niet overschreden worden bij normaal, bedoeld gebruik, kunnen ze wel overschreden worden bij onjuist of onbedoeld gebruik van de apparatuur, bijvoorbeeld bij het laten zitten van een kind op de stofzuiger.

Zelfs als de basisrestricties wél zouden worden overschreden, hoeft dit niet direct te betekenen dat er gezondheidseffecten optreden. Zoals in subparagraaf 1.3.2 is beschreven, zijn de basisrestricties tot 400 hertz gebaseerd op het zien van lichtflitsen door stimulatie van het netvlies en treden gezondheidseffecten zoals prikkeling van zenuwvezels pas op bij een hogere elektrische veldsterkte in het lichaam. Bovendien is in de basisrestricties voor prikkeling van zenuwvezels nog een veiligheidsmarge ingebouwd vanwege onzekerheden in de berekeningswijze en eigenschappen van het lichaam. Deze veiligheidsmarge is in de aanbevelingen van ICNIRP voor leden van de algemene bevolking twee tot vijf keer zo groot als voor werknemers. Leden van de algemene bevolking variëren namelijk meer in leeftijd en gezondheid en zijn zich er meestal niet van bewust dat ze blootgesteld worden.

Bij het verzamelen van gegevens over de sterkte van de velden is in eerste instantie gekeken of er voor een specifieke bron(categorie) meetgegevens in Nederland beschikbaar waren. Als dit niet het geval was, werden bij voorkeur meetgegevens uit andere lidstaten van de EU gebruikt. Voor alle huishoudelijke apparatuur en gereedschap bij lichtnetfrequentie in het huidige rapport werden voldoende gegevens uit metingen in Europa gevonden. Voor de overige bronnen werd alleen gekeken naar meetgegevens van buiten de EU als er geen gegevens uit de EU-lidstaten beschikbaar waren. Een reden voor deze volgorde is dat niet alle apparatuur die in het buitenland is bemeten ook in Nederland aanwezig of verkrijgbaar is. Een andere reden is dat in sommige landen buiten de EU een andere netspanning en -frequentie wordt gebruikt. In de VS is dit bijvoorbeeld 120 volt en 60 hertz. Deze verschillen hebben gevolgen voor de blootstelling. Omdat in de VS een lagere netspanning wordt gebruikt, is er een hogere

stroomsterkte nodig om dezelfde hoeveelheid energie te transporteren. Aangezien de sterkte van het magnetisch veld onder meer afhankelijk is van de stroomsterkte, is het waarschijnlijk dat de blootstelling aan het magnetische veld van vergelijkbare apparatuur hoger is in de VS dan in Europa. Gebruik van gegevens uit de Amerikaanse onderzoeken zullen dus waarschijnlijk leiden tot een te hoge inschatting voor de blootstelling in Nederland.

In Hoofdstuk 2 en 3 zijn constatering over de sterkte van de velden gedaan voor de hoofdfrequenties van individueel bemeten bronnen van elektromagnetische velden. In werkelijkheid kunnen de besproken bronnen velden genereren die zijn samengesteld uit meerdere frequenties. Daarnaast kunnen leden van de bevolking ook worden blootgesteld aan meerdere bronnen tegelijk. Voor het beoordelen van de totale blootstelling is het uiteindelijk nodig om de bijdragen van alle bronnen en alle frequenties op een of andere manier te combineren. De afzonderlijke bijdragen kunnen niet simpelweg bij elkaar worden opgeteld. Dit is een complexe taak, waarvoor de ruwe meetgegevens in allerlei blootstellingsscenario's bekend moeten zijn. De constatering dat de referentieniveaus voor één bepaalde bron bij één hoofdfrequentie worden overschreden, is wel voldoende aanleiding voor nader onderzoek. Daarin kan het frequentiespectrum van die bron worden geanalyseerd en kunnen situaties worden bekeken waarin die bron tegelijk met andere bronnen wordt gebruikt.

Het feit dat de gemeten sterkte van de velden van een bepaald apparaat op een bepaalde afstand hoger is dan de referentieniveaus, houdt niet in dat die sterkte in het dagelijks gebruik ook echt voorkomt. Zo werd recent gevonden dat de sterkte van radiofrequente velden in het dagelijks leven in de overgrote meerderheid van de metingen lager was dan 1% van de referentieniveaus (Bolte en Eikelboom, 2012). Een lijst van apparatuur en de tijd dat die gebruikt wordt is daarom ook niet voldoende om iemands blootstelling aan extreem-laagfrequente velden in te schatten (Preece et al., 1999). Door toevallige afscherming en reflecties is de persoonsblootstelling aan radiofrequente velden niet goed in te schatten uit de gebruikte apparatuur. In een onderzoek waarbij vrijwilligers 24 uur werden uitgerust met draagbare veldsterktemeters werd er voor het radiofrequente elektrische veld geen instantane veldsterkte boven de referentieniveaus gemeten (Bolte en Eikelboom, 2012). Ook uit overzichtsartikelen van meetonderzoeken in Europa naar de individuele blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (Gajšek et al., 2013) en extreem-laag frequente velden (Grellier et al., 2013) blijkt dat er geen waarden boven de referentieniveaus gemeten zijn. Hierbij moet wel worden vermeld dat de meetinstrumenten gedragen werden aan de broekriem. Het kan zijn dat andere lichaamsdelen zoals hoofd en handen hoger blootgesteld waren.

#### **4.2 Hiaten en vervolgonderzoek aan de blootstelling**

Tijdens de inventarisatie zijn ook toepassingen geïdentificeerd waarvoor nog geen gegevens over de blootstelling zijn gevonden. De ontwikkelingen in de techniek, vooral op het gebied van de telecommunicatie, gaan snel en er komen voortdurend nieuwe typen bronnen bij. De nieuwste bronnen zijn per definitie bronnen waarvoor nog weinig of geen metingen van de sterkte van de velden zijn gepubliceerd. Voorbeelden van dergelijke recente ontwikkelingen zijn lokale energieopwekking en energieopslag, het (draadloos) opladen van elektrische voertuigen, radarsystemen voor cruisecontrol en parkeren, mobiele satellietshotels van mediabedrijven en internet via een satelliet-uplink (in woonhuizen en openbaar vervoer). Daarnaast vindt er steeds meer lokale

draadloze communicatie tussen apparaten onderling plaats, bijvoorbeeld tussen 'slimme meters' en uitlezers en bij mobiele betalingen (Antennebureau, 2013).

Bij vervolgonderzoek naar bronnen van en blootstelling aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden zouden drie nieuwe elementen kunnen worden ingebracht.

Ten eerste kan via literatuurdatabases, internetbronnen, contactpersonen van onderzoeks- of meetinstituten en fabrikanten of leveranciers nader worden gezocht naar informatie over individuele bronnen waarvan in de huidige analyse nog geen gegevens over de sterkte van de velden werden gevonden. Ook kan meer informatie worden gezocht over bronnen waarvan al is aangetoond dat de referentieniveaus kunnen worden overschreden. In dat laatste geval kan worden gezocht naar informatie over de sterkte van de in het lichaam geïnduceerde elektrische velden en SAR in relatie tot de basisrestricties.

Ten tweede kan actief worden gezocht naar recente ontwikkelingen in de technologie om nieuwe bronnen van velden te identificeren ('horizon scan'). Om aan vollediger gegevens over de blootstelling en over nieuwe bronnen te komen, is literatuuronderzoek alléén waarschijnlijk niet voldoende. Zoals eerder besproken is het soms moeilijk om voldoende gedetailleerde en actuele informatie over individuele blootstelling te vinden in bestaande publicaties. Het gepubliceerde onderzoek kan bovendien al een of meer jaren voor het verschijnen van de publicatie zijn uitgevoerd. Samenwerking met collega-onderzoekers in binnen- en buitenland kan helpen om niet gepubliceerde meetgegevens boven water te krijgen en te interpreteren. Voorbeelden van zusterinstituten die blootstellingsgegevens voor elektromagnetische velden inventariseren zijn het Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit in Duitsland (EMF-Portal, 2013) en het Austrian Institute of Technologies (Schmid et al., 2007).

Ten derde kan een meetprogramma worden opgezet om naast de theoretisch mogelijke blootstelling de werkelijke blootstelling van personen in het dagelijks leven te meten. Het eerste onderzoek in Nederland waarbij vrijwilligers 24 uur een veldsterktemeter droegen en een activiteitendagboek bijhielden, is gedaan in 2009 (Bolte en Eikelboom, 2012). Daarnaast geeft monitoring inzicht in de mate waarin de sterkte van radiofrequente velden verschilt tussen gebieden. Ook kunnen er trends worden onderzocht in de veldsterkten in het verloop van de tijd en in het gebruik van de verschillende frequentiebanden. Deze verschillen en trends kunnen in epidemiologisch onderzoek worden gecorreleerd met de verschillen en trends in gezondheidseffecten. Hierbij ligt een samenwerking met het Agentschap Telecom van het Ministerie van Economische Zaken voor de hand. Het Agentschap Telecom doet mobiele metingen met inspectieauto's in het kader van gebruik van etherfrequenties door de diverse vergunninghouders, zoals telecom providers (Agentschap Telecom, 2013). Monitoring van extreem-laagfrequente magnetische velden is niet mogelijk met een rijdend meetsysteem, maar kan wel op ad-hocbasis op specifieke locaties worden uitgevoerd. Rond hoogspanningslijnen kan in samenwerking met TenneT de jaargemiddelde blootstelling gemodelleerd worden op basis van de stroomsterkte en het type mast (Bolte et al., 2014).

### **4.3 Mogelijke langetermijneffecten**

In het huidige rapport ligt de nadruk op acute blootstelling aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden in relatie tot wetenschappelijk voldoende bewezen gezondheidsrisico's op de korte termijn (elektrische

stimulatie en opwarming). Dit zijn de risico's waar de limieten in de Europese aanbeveling tegen beschermen.

Voor langdurige blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen is een statistisch verband aangetoond met het vóórkomen van leukemie bij kinderen (Ahlbom et al., 2000; Greenland, et al., 2000; Kheifets et al., 2010). Dit verband was aanleiding voor het International Agency for Research on Cancer (IARC) om extreem-laagfrequente velden te classificeren als 'mogelijk kankerverwekkend voor mensen' (IARC, 2002). Het verband is gevonden voor magnetische velden met een magnetische fluxdichtheid die gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 microtesla. Als wordt aangenomen dat het verband tussen magnetische velden en leukemie bij kinderen oorzakelijk is, kan men zich afvragen of een dergelijk verband ook bestaat voor langdurige blootstelling aan velden met lichtnetfrequentie van overige bronnen. Hoewel de instantane maximale magnetische fluxdichtheid bij de geïnventariseerde huishoudelijke apparatuur vrijwel altijd hoger was dan 0,4 microtesla (Hoofdstuk 2), gaat het hier in het algemeen om kortdurende blootstelling. De gemiddelde magnetische fluxdichtheid in woningen over langere tijdsperioden is in 99 procent van de gevallen lager dan 0,4 microtesla (Grellier et al., 2013). In het algemeen zal de langdurige blootstelling in woningen dus lager zijn dan 0,4 microtesla, tenzij de betreffende apparatuur continu in bedrijf is en mensen zich langdurig in de buurt daarvan ophouden. Voorbeelden van dergelijke situaties zijn elektrische dekens, elektrische wekkerradio's, opladers en DECT-telefoons naast het bed en woningen binnen ongeveer 50 meter van een hoogspanningslijn. Het Nederlandse voorzorgsbeleid met betrekking tot magnetische velden van hoogspanningslijnen wordt toegelicht in Bijlage 3.

De aanwijzingen voor een verband tussen langdurig wonen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en (overlijden aan) de ziekte van Alzheimer zijn onvoldoende om een conclusie te trekken (Huss et al., 2009; Frei et al., 2013). Naar mogelijke verbanden met andere ziekten en voor andere bronnen wordt nog onderzoek gedaan. Er zijn publicaties die een significant verband vinden tussen langdurige blootstelling aan radiofrequente velden van mobiele telefoons en het ontstaan van tumoren in het hoofd en het halsgebied (gliomen en akoestische neurinoma's; zie Gezondheidsraad, 2013 voor een overzicht). Ook die onderzoeken zijn echter niet eenduidig. Ze waren aanleiding voor IARC om radiofrequente velden te classificeren als 'mogelijk kankerverwekkend voor mensen' (IARC, 2013). De Gezondheidsraad concludeerde echter dat de gevonden verbanden zwak en inconsistent zijn. De Gezondheidsraad vindt dat er geen duidelijk en consistent bewijs is voor een verhoogd risico op tumoren in het hoofd-halsgebied gerelateerd aan het gebruik van een mobiele telefoon gedurende 13 jaar of minder. Een dergelijk risico kan echter ook niet worden uitgesloten (Gezondheidsraad, 2013).

Relaties tussen de blootstelling aan extreem-laagfrequente en radiofrequente velden en niet-specifieke lichamelijke klachten, zoals hoofdpijn en vermoeidheid, die door elektrogevoeligen worden gemeld, zijn niet wetenschappelijk aangetoond (Rubin et al., 2012). Er wordt wel nog onderzoek naar verricht. In Nederland gebeurt dat o.a. in het ZonMw Programma 'Elektromagnetische velden & gezondheid' (Baliatsas et al., 2012a; Baliatsas et al., 2012b).

Nader onderzoek van het RIVM op dit gebied zou zich kunnen richten op literatuuronderzoek, eventueel in combinatie met monitoring. In het literatuuronderzoek zouden de sterkte en overige karakteristieken van de blootstelling die geassocieerd zijn met mogelijke langetermijneffecten kunnen worden geïnventariseerd. Vervolgens kan dan worden bepaald voor welke bronnen de sterkte van de velden hoger is dan het niveau waarvoor een dergelijke associatie



is aangetoond. Ook kan worden onderzocht of er trends zijn in plaats, tijd en frequentiegebruik die correleren met gezondheidseffecten.

#### 4.4 Handelingsperspectief voor de overheid

De door de Europese Unie aanbevolen blootstellingslimieten zijn niet rechtstreeks in de Nederlandse wetgeving vastgelegd. Er bestaat daarom in Nederland geen verplichting om de blootstelling van leden van de bevolking te beperken tot het niveau waarbij de basisrestricties in de Europese aanbeveling niet overschreden worden. Wel worden de basisrestricties gehanteerd in bepaalde Europese productnormen die onder andere kunnen worden gebruikt bij toepassing van Europese richtlijnen 1999/5/EG, 2006/42/EG en 2006/95/EG, vooral bij het op de markt toelaten van producten. Deze richtlijnen zijn in Nederland getransponeerd in respectievelijk het Besluit randapparaten en radioapparaten, het Warenwetbesluit machines en het Warenwetbesluit elektrotechnische producten (zie paragrafen 2.3 en 3.3 en Bijlage 3). Het Warenwetbesluit biedt overigens alleen een wettelijke grond in de verhandelfase. Daarnaast bestaan er vrijwillige overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven die verantwoordelijk zijn voor het opereren van bepaalde bronnen van elektromagnetische velden zoals zendmasten voor mobiele telefonie. Dergelijke overeenkomsten kunnen bepalen dat de blootstelling de basisrestricties en referentieniveaus in de Europese aanbeveling niet mag overschrijden (Minister van Economische Zaken, 2010).

In de toekomst kan de Rijksoverheid op verschillende manieren nader invulling geven aan het Besluit randapparaten en radioapparaten en het Warenwetbesluit elektrotechnische producten. De eerste mogelijkheid is om de basisrestricties en referentieniveaus in de Europese aanbeveling op te nemen in aanvullende regelgeving. De tweede mogelijkheid is om in een toelichting of beleidsinstructie te verduidelijken dat de Rijksoverheid het voldoen aan de basisrestricties in de Europese aanbeveling een belangrijke voorwaarde vindt voor het garanderen van de gezondheid en veiligheid van de gebruiker. De derde mogelijkheid is om fabrikanten actiever te stimuleren om zich te onderscheiden door aan te tonen dat hun producten voldoen aan de basisrestricties of referentieniveaus in de Europese aanbeveling.

Een andere mogelijkheid is om de bevolking voor te lichten over de risico's en over de mogelijkheden om zelf de blootstelling te verminderen. Voor het vormgeven van adviezen over, of beperking van, de blootstelling kan het nuttig zijn om eerst nader onderzoek te laten doen. Voor bronnen waarbij de referentieniveaus kunnen worden overschreden kunnen de randvoorwaarden nader worden bepaald (type apparaat, wijze van gebruik, afstand tot de bron). Daarnaast kan nader worden onderzocht of de basisrestricties worden overschreden.

Sinds het verschijnen van de Europese aanbeveling heeft ICNIRP nieuwe richtsnoeren gegeven voor magnetische, elektrische en elektromagnetische velden met frequenties van 1 hertz tot 10 megahertz (ICNIRP, 2010). De richtsnoeren van ICNIRP voor elektromagnetische velden met frequenties van 100 kilohertz tot 300 gigahertz worden in de komende jaren herzien (ICNIRP, 2013). Volgens de Europese aanbeveling dient het communautair kader gebaseerd te zijn op de beste beschikbare wetenschappelijke gegevens op dit gebied. Het is dus mogelijk dat de Raad van de Europese Unie de nieuwe aanbevelingen van ICNIRP in de toekomst over gaat nemen in een herziening van de Europese aanbeveling. Zoals eerder in dit rapport werd geconstateerd, kunnen voor bepaalde categorieën bronnen ook overschrijdingen van de hogere

referentieniveaus van ICNIRP uit 2010 optreden. Als de Rijksoverheid nieuwe maatregelen of adviezen over beperking van de blootstelling nodig acht, moet worden afgewogen of daarbij de nieuwe aanbevelingen van ICNIRP uit 2010 worden gevolgd.

#### **4.5 Handelingsperspectief voor fabrikanten**

Zoals blijkt uit de inventarisatie van de sterkte van de velden in Hoofdstuk 2 en 3 garandeert het feit dat een apparaat in de Europese Unie op de markt is niet dat de sterkte van de velden in alle gebruiksomstandigheden onder de referentieniveaus in de Europese aanbeveling blijft. Fabrikanten zijn wettelijk verplicht om aan te tonen dat hun producten veilig zijn wat betreft blootstelling van gebruikers aan elektromagnetische velden. Om dat aan te tonen kunnen zij er voor zorgen dat hun producten voldoen aan Europese productnormen die garanderen dat bij normaal gebruik van hun apparatuur de basisrestricties niet worden overschreden. Fabrikanten zouden bij het ontwerpen van nieuwe apparatuur verder kunnen gaan door ervoor te zorgen dat ook de referentieniveaus in de Europese aanbeveling bij normaal gebruik niet worden overschreden. Ook zouden zij in de gebruiksaanwijzing kunnen vermelden hoe men het apparaat moet gebruiken als men de blootstelling aan de velden wil verminderen. Fabrikanten die zich willen onderscheiden van de concurrent kunnen het feit dat het product voldoet aan de limieten in de Europese aanbeveling vermelden bij de marketing ervan en in de specificaties en gebruiksaanwijzing. Op die manier geven zij kritische burgers de mogelijkheid om keuzes te maken.

Experts van de fabrikanten nemen ook deel aan commissies die normen opstellen voor het meten van de sterkte van de velden en het beoordelen van de blootstelling (zie Bijlage 3). Zij zouden er via deze commissies voor kunnen zorgen dat dergelijke normen beschikbaar zijn voor alle soorten apparatuur waarbij overschrijdingen van de referentieniveaus in de Europese aanbeveling mogelijk zijn.

#### **4.6 Handelingsperspectief voor burgers**

Er is tot nu toe geen sluitend bewijs gevonden voor gezondheidseffecten na blootstelling aan velden met een sterkte beneden de limieten in de Europese aanbeveling. Desondanks vinden sommige burgers en maatschappelijke groeperingen dat er voldoende redenen zijn om de blootstelling waar mogelijk te verlagen. Zij kunnen dat in de eerste plaats doen door gericht te kiezen voor aanschaf van apparatuur met lagere blootstelling. Informatie van de fabrikant kan bij deze keuze helpen. In de tweede plaats kunnen burgers de gebruiksaanwijzing raadplegen om informatie te vinden over correct gebruik en eventuele mogelijkheden om de blootstelling te verminderen.

Om te weten welke maatregelen de grootste verlaging van de blootstelling geven, is het belangrijk om de relatieve bijdragen van verschillende bronnen aan de totale blootstelling te onderzoeken. Daarbij kunnen verschillende situaties worden onderscheiden, waarin bepaalde bronnen wel of niet aanwezig zijn. De volgende indeling van bronnen in drie categorieën geeft handvatten voor een toekomstige risico-inschatting van de blootstelling en voor mogelijke handelingsperspectieven (Gajšek et al., 2013):

1. Bronnen die een onderbroken, variabele en gedeeltelijke blootstelling van het lichaam geven. Deze bronnen worden vaak dicht bij het lichaam gedragen of gebruikt en de lokale blootstelling kan de basisrestricties dicht naderen.

Voorbeelden voor radiofrequente velden zijn mobiele en draadloze telefoons. Voorbeelden voor extreem-laagfrequente velden zijn elektrische gereedschappen zoals boormachines, keukenapparatuur zoals mixers of apparatuur in de slaapkamer zoals opladers vlak naast het hoofd en elektrische dekens.

2. Bronnen die meestal een onderbroken, variabele blootstelling van het hele lichaam op laag niveau geven. Deze bronnen bevinden zich vaak binnenshuis op korte afstand van het lichaam en kunnen instantaan tot een matig hoge blootstelling leiden. Voorbeelden voor radiofrequente velden zijn Wi-Fi-routers en andere draadloze verbindingen. Voorbeelden voor extreem-laagfrequente velden zijn elektrische kachels, televisie- of beeldschermen en opladers of transformatoren.
3. Bronnen die een lage maar continue blootstelling van het hele lichaam geven. Deze bronnen staan vaak op grotere afstand buiten de woning. Voorbeelden voor radiofrequente velden zijn zendmasten voor radio en televisie en basisstations voor mobiele telecommunicatie. Voorbeelden voor extreem-laagfrequente velden zijn hoogspanningslijnen en transformatorhuisjes.

Bij de eerste categorie, met de hoogste instantane blootstelling, ontstaat de blootstelling doorgaans door een vrijwillige keuze om het apparaat te gebruiken. De blootstelling kan dan door een gedragsverandering worden verminderd. Een voorbeeld is het afstand houden tot elektrische apparatuur die op het lichtnet wordt aangesloten. Zo kan men ervoor zorgen dat een elektrische boormachine niet in de buurt van het hoofd wordt gehouden. Daardoor kan men voorkomen dat de referentieniveaus worden overschreden waardoor mogelijk lichtflitsen worden gezien die tot een onveilige situatie kunnen leiden. Een ander voorbeeld is het niet meer mobiel en draadloos bellen. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de blootstelling aan velden van mobiele en draadloze telefoons van andere mensen in de nabijheid ongeveer een derde van de gemiddelde totale blootstelling over 24 uur bedraagt (Bolte en Eikelboom, 2012).

De tweede en derde categorie bieden minder mogelijkheden voor burgers om zelf de blootstelling te verminderen. Vooral de derde categorie bevat bronnen waarvoor de blootstelling moeilijk te vermijden is. De gemeten instantane blootstelling is laag, maar de bijdrage aan de gemiddelde 24 uursblootstelling kan aanzienlijk zijn omdat deze continu is. De bijdrage van extreem-laagfrequente bronnen in de derde categorie hangt af van de locatie en kan bijvoorbeeld nul zijn als men buiten niet in de buurt van een hoogspanningslijn is.



## Literatuur

- Agentschap Telecom (2013). Staat van de ether 2012.  
[http://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staatvdether\\_2012\\_digital.pdf](http://www.agentschaptelecom.nl/sites/default/files/staatvdether_2012_digital.pdf) (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- Ahlbom A., N. Day, M. Feychting, E. Roman, J. Skinner, J. Dockerty, M. Linet, M. McBride, J. Michaelis, J.H. Olsen, T. Tynes, P.K. Verkasalo (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 83: 692-698.
- Antennebureau (2013). Nieuwsbrief mobiele toepassingen.  
<http://www.antennebureau.nl/actueel/nieuwsbrieven/nieuwsbrief-mobiele-toepassingen> (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- Baliatsas C., van Kamp I., Bolte J., Yzermans J., E. Lebet (2012a). Non-specific physical symptoms and electromagnetic field exposure in the general population: can we get more specific? A systematic review. *Environment International* 41:15-28.
- Baliatsas C., Van Kamp I., Lebet E., Rubin G.J. (2012b). Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health* 12:643.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2010). Elektromagnetische Felder im Alltag. Bayerische Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- Boivin W., J. Coletta, L. Kerr (2003). Characterization of the magnetic fields around walk-through and hand-held metal detectors. *Health Phys* 84: 582-593.
- Bolte, J.F.B., M.J.M. Pruppers (2004). Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden - Probleemanalyse niet-ioniserende straling. RIVM rapport 861020007. RIVM, Bilthoven.
- Bolte J.F., T. Eikelboom (2012) Personal radiofrequency electromagnetic field measurements in The Netherlands: exposure level and variability for everyday activities, times of day and types of area. *Environ Int* 48: 133-142.
- Bolte J.F.B., M.A.M. Beerlage, G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers (2014). Validatieonderzoek berekeningsmethodiek magneetveldzone in Maartensdijk. RIVM Rapport 2014-0133.
- Bornkessel C., M. Schubert, M. Wuschek, H. Brüggemeyer, D. Weiskopf (2011). Systematische Erfassung aller Quellen nichtionisierender Strahlung, die einen relevanten Beitrag zur Exposition der Bevölkerung liefern können. Bundesamt für Strahlenschutz, Oberschleißheim.
- Bunch K.J., et al. (2014). Residential distance at birth from overhead high-voltage powerlines: childhood cancer risk in Britain 1962-2008. *Br J Cancer* 110(5): 1402-1408.
- Bundesamt für Gesundheit (2013). EMF Faktenblätter.  
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/> (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- CENELEC (2001). Europese Norm EN 50360: Product standard to demonstrate the compliance of mobile phones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz). CENELEC, Brussel.

- CENELEC (2008). Europese Norm EN 62233: Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure. CENELEC, Brussel.
- Christ A., M.G. Douglas, J.M. Roman, E.B. Cooper, A.P. Sample, B.H. Water, J.R. Smith, N. Kuster (2013). Evaluation of wireless resonant power transfer systems with human electromagnetic exposure limits. *IEEE Trans Electromagn Compat* 55: 265-274.
- Clemens M., T. Fiedler, V. Hansen, U. Pfeiffer, O. Spathmann, K. Statnikov, J. Streckert (2011). Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Bestimmung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung mit Frequenzen im Terahertzbereich. Bundesamt für Strahlenschutz, Bonn.
- Decat G., L. Deckx, G. Meynen, C. Polders (2006). Blootstelling van de algemene bevolking aan 0 tot 3 GHz elektromagnetische velden in bibliotheken, elektrozaak, grootwarenhuizen, luchthavens, openbaar vervoer, stations, wandel- en winkelstraten. VITO, Mol.
- Decat G. (2007). RF-straling van antennes van het ASTRID-netwerk. VITO, Mol.
- Dusseldorp A., M.J.M. Pruppers, J.F.B. Bolte, A.E.M. Franssen, N.M. van Kuijeren (2009). Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF magnetische velden bij verschillende bronnen. RIVM rapport 609300011. RIVM, Bilthoven.
- EMF-Portal (2013). <http://www.emf-portal.de/> (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- Electric Power Engineering Centre (2012). Health and safety aspects of electricity smart meters. Electric Power Engineering Centre, Christchurch.
- Electric Power Research Institute (2011). Characterization of radiofrequency emissions from two models of wireless smart meters. Electric Power Research Institute, Palo Alto.
- Farag A.S., M.M. Dawoud, S.Z. Zelim, T.C. Cheng, A.M. Marcus, D. Penn (1998). Power-frequency electromagnetic fields in the home. *Electric Machines and Power Systems* 26: 749-773.
- Frei P., Poulsen A.H., Mezei G., Pedersen C., Cronberg Salem L., Johansen C., Röösli M., Schüz J. (2013). Residential Distance to High-voltage Power Lines and Risk of Neurodegenerative Diseases: a Danish Population-based Case-Control Study. *Am J Epidemiol* 177(9): 970-978.
- Gajšek P., P. Ravazzani, J. Wiart, J. Grellier, T. Samaras, G.J. Thuróczy (2013). Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz-6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol*. doi: 10.1038/jes.2013.40.
- Gauger J.R. (1985) Household appliance magnetic field survey. *IEEE Trans Power App Syst* 104: 2436-2444.
- Gezondheidsraad (2000). Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz – 10 MHz). Publicatie nr. 2000/6. Gezondheidsraad, Den Haag.
- Gezondheidsraad (2013). Mobile phones and cancer. Part 1: Epidemiology of tumours in the head. Publikatie nr. 2013/11. Gezondheidsraad, Den Haag.
- Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.T., Poole C., Kelsh M.A. (2000). A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 11: 624-34.

- Grellier J., Ravazzani P., Cardis E. (2013). Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe. *Environ Int* 62: 55-63.
- Harris C., W. Boivin, S. Boyd, J. Coletta, L. Kerr, K. Kempa, S. Aronow (2000). Electromagnetic field strength levels surrounding EAS systems. *Health Phys* 78: 21-27.
- Huss A., A. Spoerri, M. Egger, M. Rösli (2009). Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. *Am J Epidemiol* 169: 167-175.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2002). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part I, Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. International Agency for Research on Cancer, Lyon.
- IARC Working group on the evaluation of carcinogenic effects to humans (2013). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part II: Radiofrequency electromagnetic fields. International Agency for Research on Cancer, Lyon.
- ICNIRP (International Commission on non-ionizing radiation protection) (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74: 494-522.
- ICNIRP (International Commission on non-ionizing radiation protection) (2010). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys* 99: 818-836.
- ICNIRP (International Commission on non-ionizing radiation protection) (2013). Workplan. <http://www.icnirp.de/workplan.htm> (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- Joseph W., G. Vermeeren, L. Verloock, F. Goeminne (2012a). In situ magnetic field exposure and ICNIRP-based safety distances for electronic article surveillance systems. *Radiat Prot Dosim* 148: 420-427.
- Joseph W., L. Verloock, F. Goeminne, G. Vermeeren, L. Martens (2012b). Assessment of RF exposures from emerging wireless communication technologies in different environments. *Health Phys* 102: 161-172.
- Kelfkens G., M.J.M. Pruppers (2005). Extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden van huishoudelijke apparatuur. RIVM rapport 300010001. RIVM, Bilthoven.
- Kheifets L., Ahlbom A., Crespi C.M., Draper G., Haghihara J., Lowenthal R.M., Mezei G., Oksuzyan S., Schüz J., Swanson J., Tottarelli A., Vincenti M. and Wunsc Filho W. (2010). Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukemia. *Br. J. Cancer* 103:1128-1135.
- Koppel T., M. Ahonen (2013). Radiofrequency electromagnetic fields from mobile devices used for learning and working. *Elektronika ir Elektrotechnika* 19: 65-70.
- Leitgeb N., R. Cech, J. Schrötner, P. Lehofer, U. Schmidpeter, M. Rampetsreiter (2008a). Magnetic emission ranking of electrical appliances, A comprehensive market survey. *Radiat Prot Dosim* 129: 439-445.
- Leitgeb N., R. Cech, J. Schrötner (2008b). Electric emissions from electrical appliances. *Radiat Prot Dosim* 129: 446-455.

- Leitgeb N., R. Cech, J. Schröttner, P. Lehofer, U. Schmidpeter, M. Rampetsreiter (2008c). Magnetic emissions of electric appliances. *Int J Environ Health* 211: 69-73.
- Leitgeb N., R. Cech, J. Schröttner (2008d). Assessment of inhomogeneous ELF magnetic field exposures. *Rad Prot Dosim* 131: 251-258.
- Licitra G., S. Bambini, A. Barellini, A. Minirchio, A. Rogovich A (2004). Evaluation of the electromagnetic field level emitted by medium frequency AM broadcast stations. *Radiat Prot Dosim* 111: 397-401.
- Minister van Economische Zaken (2010). Convenant in het kader van het Nationaal Antennebeleid inzake de plaatsing van vergunningvrije antenne-installaties voor mobiele communicatie. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-82596.pdf> (laatst bezocht op 11 augustus 2014).
- Nadakuduti J., M. Douglas, M. Capstick, S. Kühn, S. Benkler, N. Kuster (2011). Assessment of EM Exposure of Energy-Saving Bulbs & Possible Mitigation Strategies. ITIS, Zürich.
- National Radiological Protection Board (2001). Possible health effects from terrestrial trunked radio (TETRA). National Radiological Protection Board, Chilton.
- Parlement en Raad van de Europese Unie (1999). Richtlijn 1999/5/EG van het Europees Parlement en de Raad van 9 maart 1999 betreffende radioapparatuur en telecommunicatie-eindapparatuur en de wederzijdse erkenning van hun conformiteit. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* L91: 10-28.
- Parlement en Raad van de Europese Unie (2006a). Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG (herschikking). *Publicatieblad van de Europese Unie* L157: 24-86.
- Parlement en Raad van de Europese Unie (2006b). Richtlijn 2006/95/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de onderlinge aanpassing van de wettelijke voorschriften der lidstaten inzake elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen. *Publicatieblad van de Europese Unie* L374: 10-19.
- Parlement en Raad van de Europese Unie (2013). Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG. *Publicatieblad van de Europese Unie* L179: 1-21.
- Pirard W. (2000). Champs electromagnetiques a proximite des antennes-relais de mobiliphonie. ISSEP, Liege, 2000.
- Preece A.W., W.T. Kaune, P. Grainger, J. Golding (1999). Assessment of human exposure to magnetic fields produced by domestic appliances. *Rad Prot Dosim* 83: 21-27.
- Raad van de Europese Unie (1999). Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz (1999/519/EG). *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* L199: 59-70.



- Rowley J.T., K.H. Joyner (2012). Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations. *J Exp Sci Environ Epidemiol* 22: 304-315.
- Rubin G.J., Hillert L., Nieto-Hernandez R., van Rongen E., Oftedal G (2011). Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 32: 593-609.
- Schmid G., D. Lager, P. Preiner, R. Überbacher, G. Neubauer, S. Cecil (2005). Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro. Bundesamt für Strahlenschutz, Bonn.
- Schmid G., D. Lager, P. Preiner, R. Überbacher, S. Cecil (2007). Exposure caused by wireless technologies used for short-range indoor communication in homes and offices. *Rad Prot Dosim* 124: 58-62.
- Schmid G., R. Überbacher, S. Cecil, B. Petric, P. Göth (2009). Bestimmung der Exposition durch Magnetfelder alternativer Antriebskonzepte. Bundesamt für Strahlenschutz, Bonn.
- Seomun G., Y. Kim, J. Lee, K. Jeong, S. Park, M. Kim, W. Noh (2014). Descriptive study of electromagnetic wave distribution for various seating positions: using digital textbooks. *J School Nursing* 30(2): 123-128.
- Trulsson J., G. Anger, U. Estenberg (2007). Assessment of magnetic fields surrounding electronic article surveillance systems in Sweden. *Bioelectromagnetics* 28: 664-666.
- Van der Plas M., D.J.M. Houthuijs, A. Dusseldorp, R.M.J. Pennders, M.J.M. Pruppers (2001). Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM rapport 610050007. RIVM, Bilthoven.
- Verschaeve L., G. Decat, A. Maes (2004). Inventarisatie van blootstellingsniveaus van niet-ioniserende elektromagnetische straling voor de bevolking van Vlaanderen. VITO, Mol.
- Vignati M., L. Giuliani (1997). Radiofrequency exposure near high-voltage lines. *Environ Health Perspect* 105(Suppl): 1569-1573.
- World Health Organization (1993). Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). Environmental health criteria 137. World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization (2007). Extremely low frequency fields. Environmental health criteria 238. World Health Organization, Geneva.
- Zhao L., et al. (2014). Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: a meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. *Leuk Res* 38(3): 269-74.



## Afkortingen en begrippen

Basisrestricties	<p>Restricties aan de blootstelling van leden van de bevolking aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen. Afhankelijk van de frequentie van het veld worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de basisrestricties te specificeren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de magnetische fluxdichtheid (eenheid T);</li> <li>- de stroomdichtheid (eenheid A/m<sup>2</sup>);</li> <li>- de elektrische veldsterkte (eenheid V/m)</li> <li>- het specifieke energieabsorptietempo (Specific Absorption Rate, SAR; eenheid W/kg);</li> <li>- de vermogensdichtheid (eenheid W/m<sup>2</sup>).</li> </ul>
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
Equivalente vermogensdichtheid (voor vlakke golven)	De vermogensdichtheid ( $S_{eq}$ ) van een elektromagnetische golf met elektrische veldsterkte E en magnetische veldsterkte H in waarde gelijk aan de vermogensdichtheid S van een vlakke golf met dezelfde elektrische en magnetische veldsterkte.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europese Unie
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IenM	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Intermediaire gebied	Het frequentiegebied van 300 hertz tot 100 kilohertz wordt het intermediaire gebied (IF) genoemd. Het vormt de overgang tussen het 'extreem-laagfrequente gebied' (ELF; 0 tot 300 hertz) en het 'radiofrequente gebied' (RF; 100 kilohertz tot 300 gigahertz).
NEC-EMF	normcommissie 'Invloed EM-velden op het menselijk lichaam' van het Nederlands Elektrotechnisch Comité
NEN	Nederlands normalisatie-instituut
Referentieniveaus	Niveaus van fysische grootheden die van de basisrestricties voor leden van de bevolking zijn afgeleid. In elke blootstellingssituatie kan men de gemeten of berekende waarden van deze grootheden vergelijken met het bijbehorende referentieniveau. Als wordt voldaan aan het referentieniveau, wordt voldaan aan de desbetreffende basisrestrictie. Als de gemeten waarde hoger is dan het referentieniveau, hoeft dat nog niet te betekenen dat de basisrestrictie wordt overschreden. In dergelijke omstandigheden moet worden vastgesteld of voldaan wordt aan de basisrestrictie. Afhankelijk van de frequentie van het veld worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de referentieniveaus te specificeren:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische veldsterkte (eenheid V/m);</li> <li>- magnetische veldsterkte (eenheid A/m);</li> <li>- magnetische fluxdichtheid (eenheid T);</li> <li>- vermogensdichtheid (eenheid W/m<sup>2</sup>);</li> <li>- elektrische stroom in extremiteiten (eenheid A);</li> <li>- contactstroom (eenheid A);</li> <li>- specifieke energieabsorptie (gepuleerde velden; eenheid J/kg).</li> </ul>
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SAR	Specific absorption rate (specifiek energieabsorptietempo) Het specifieke energieabsorptietempo gemiddeld over het gehele lichaam of over lichaamsdelen is het tempo waarin de energie per massa-eenheid biologisch materiaal wordt geabsorbeerd (eenheid W/kg).
Vermogensdichtheid	De loodrecht op een oppervlak vallende energiestroom, gedeeld door de grootte van het oppervlak (eenheid W/m <sup>2</sup> ).
VK	Verenigd Koninkrijk van Groot-Brittannië en Noord-Ierland
VS	Verenigde Staten van Amerika
Zesminuten-middelingsregel	Voor frequenties tussen 100 kilohertz en 10 gigahertz moeten $S_{eq}$ (equivalente vermogensdichtheid), $E^2$ (elektrische veldsterkte), $H^2$ (magnetische veldsterkte) en $B^2$ (magnetische fluxdichtheid) over een willekeurige periode van zes minuten worden gemiddeld.

## Bijlage 1 Basisrestricties en referentieniveaus in de EU-aanbeveling

In het frequentiegebied van 0 hertz tot 10 megahertz stelt de Europese aanbeveling basisrestricties aan de stroomdichtheid in mA/m<sup>2</sup> op grond van kortetermijneffecten door elektrische stimulatie. In het frequentiegebied tussen 100 kHz en 10 GHz stelt de Europese aanbeveling basisrestricties aan de zogenaamde SAR, de blootstellingsmaat voor de opgenomen energie per tijdseenheid in W/kg. Voor frequenties hoger dan 10 gigahertz gelden basisrestricties voor de vermogensdichtheid in W/m<sup>2</sup> (zie Tabel 2).

Voor de precieze formules en tabellen met de referentieniveaus wordt verwezen naar de EU-aanbeveling (Raad van de Europese Unie, 1999). In het vervolg van deze bijlage zijn voldoende gegevens in grafiekvorm opgenomen om zonder raadplegen van de EU-aanbeveling een toetsing aan de referentieniveaus te doen. In deze bijlage wordt ook uitgelegd hoe de toetsing dient plaats te vinden als er sprake is van gelijktijdige blootstelling aan meer dan één frequentie.

Tabel 2 Basisrestricties (Raad van de Europese Unie, 1999)

frequentiegebied	stroomdichtheid ( $f$ in Hz)	lichaams-SAR	plaatselijke SAR (hoofd en romp)	plaatselijke SAR (ledematen)	vermogensdichtheid
	mA/m <sup>2</sup>	W/kg	W/kg	W/kg	W/m <sup>2</sup>
>0 – 1 Hz	8	-	-	-	-
1 – 4 Hz	$8/f$	-	-	-	-
4 Hz – 1 kHz	2	-	-	-	-
1 kHz – 100 kHz	$f/500$	-	-	-	-
100 kHz – 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4	-
10 MHz – 10 GHz	-	0,08	2	4	-
10 GHz – 300 GHz	-	-	-	-	10

In Tabel 3 en Tabel 4 zijn de referentieniveaus in de Europese aanbeveling gegeven. In het frequentiegebied van 10 MHz tot 110 MHz geeft de Europese aanbeveling een referentieniveau van 45 mA voor de elektrische stroom door de extremiteiten  $I_E$ . Figuur 1, Figuur 2 en Figuur 3 geven de referentieniveaus voor  $E$ ,  $H$ , en  $B$  als functie van de frequentie (er is geen wezenlijk verschil tussen het H- en het B-veld, omdat deze in elkaar kunnen worden omgerekend). Figuur 4 en Figuur 5 geven de referentieniveaus voor de vermogensdichtheid  $S$  respectievelijk de contactstroom  $I_C$  van geleidende voorwerpen als functie van de frequentie.

Tabel 3 Referentieniveaus voor RMS-waarden van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden (Raad van de Europese Unie, 1999)

frequentiegebied	<i>E</i> -veld-sterkte	<i>H</i> -veld-sterkte	<i>B</i> -veld	equivalente vermogensdichtheid voor vlakke golven $S_{eq}$
	V/m	A/m	$\mu\text{T}$	W/m <sup>2</sup>
0 - 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1 - 8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8 - 25 Hz	10.000	$4.000 / f$	$5.000 / f$	-
0,025 - 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0,8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
1 - 10 MHz	$87 / \sqrt{f}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2.000 MHz	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$	$0,0046 \sqrt{f}$	$f / 200$
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Opmerkingen:

- $f$  in de eenheid zoals aangegeven in de kolom van het frequentiegebied.
- Voor frequenties tussen 100 kHz en 10 GHz moeten  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$  en  $B^2$  over een willekeurige periode van zes minuten worden gemiddeld.
- Voor frequenties boven 10 GHz moeten  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$  en  $B^2$  worden gemiddeld over een willekeurige periode van  $68/f^{1,05}$  minuten ( $f$  in GHz).
- Voor frequenties < 1 Hz, die in feite statische elektrische velden zijn, wordt geen  $E$ -veldwaarde gegeven. De meeste mensen ervaren elektrische oppervlakteladingen bij een elektrische veldsterkte van minder dan 25 kV/m niet als hinderlijk. Vonkontladingen die stress of hinder veroorzaken, dienen te worden vermeden.

Tabel 4 Referentieniveaus voor de contactstroom van geleidende voorwerpen (Raad van de Europese Unie, 1999)

frequentiegebied	maximale contactstroom ( $f$ in kHz)
	mA
0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz - 100 kHz	$0,2 f$
100 kHz - 110 MHz	20

De referentieniveaus voor  $E$ ,  $H$ ,  $B$ ,  $I_C$  en  $I_E$  gelden voor effectieve waarden, die voor sinusoïde velden worden verkregen door berekening van de zogenaamde *Root Mean Square*-waarde (RMS). Dit is de wortel uit het (tijd-)gemiddelde van het kwadraat van de betreffende grootte. Bij periodieke signalen waarvan het vermogen evenredig is met het kwadraat, zoals stroomsterkte of elektrische of magnetische veldsterkte, is de RMS-waarde die waarde, die met hetzelfde gemiddelde vermogen gepaard zou gaan als het signaal niet periodiek maar constant zou zijn.

Als de intensiteit van de velden niet constant is, mag onder de volgende voorwaarden met gemiddelde waarden worden gerekend:

1. De gemiddelde waarde van  $E$ ,  $H$ , en  $B$  wordt berekend als de wortel uit het gemiddelde van het kwadraat van de veldsterkte. Voor  $S$  wordt het rekenkundig gemiddelde gehanteerd.
2. De referentieniveaus gelden voor iedere willekeurige periode van 6 minuten voor frequenties  $f$  tussen 100 kHz en 10 GHz. Voor  $f > 10$  GHz wordt de middelingsperiode berekend als  $68 / (f / \text{GHz})^{1,05}$  minuten.
3. Piekwaarden (hoge waarden gedurende een periode die beduidend korter is dan de middelingsperiode) worden als volgt beperkt. Eerst berekent men een frequentie  $f$  uit de duur van de piek  $t_p$ , volgens  $f = 1 / (2t_p)$ . Vervolgens zoekt men het bij deze frequentie behorende referentieniveau op in Figuur 1, Figuur 2 of Figuur 3. Ten slotte vermenigvuldigt men deze waarde met een factor  $r$ , af te lezen in Figuur 6 of te berekenen als:

$$\begin{array}{ll} \text{voor } f < 100 \text{ kHz:} & r = \sqrt{2} \approx 1,41; \\ \text{voor } f > 10 \text{ MHz:} & r = \sqrt{1000} \approx 32; \\ \text{daartussen (0,1-10 MHz)} & r = 6,8 \times (f / \text{MHz})^{0,68}. \end{array}$$

De piekwaarde dient beneden het aldus bepaalde (piek)referentieniveau te blijven.

Veel bronnen produceren elektrische, magnetische of elektromagnetische velden met meer dan één frequentie, hetzij door gebruik van verschillende draaggolven, hetzij doordat het signaal gepulst of niet-sinusvormig is. Voor dergelijke gevallen kan men als volgt bepalen of de verzameling veldsterkten en stroomsterkten voldoet aan de eisen in de Europese aanbeveling. Bij iedere relevante frequentie  $f_i$  leest men de waarden  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$  af uit Figuur 7 en  $e_i$  uit Figuur 5 (indien  $f_i$  buiten het aangegeven frequentiegebied valt, dient de waarde  $\infty$ , oneindig, te worden ingevuld).

Vervolgens moeten de volgende optellingen worden verricht:

1. de som van de waarden  $E_i / a_i$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 1 Hz en 10 MHz;
2. de som van de waarden  $H_i / b_i$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 1 Hz en 10 MHz;
3. de som van de waarden  $(E_i / c_i)^2$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 100 kHz en 300 GHz;
4. de som van de waarden  $(H_i / d_i)^2$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 100 kHz en 300 GHz;
5. de som van de waarden  $(I_{E,i} / 45 \text{ mA})^2$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 10 MHz en 110 MHz;
6. de som van de waarden  $(I_{C,i} / e_i)^2$  voor de relevante frequenties  $f_i$  tussen 1 Hz en 110 MHz,

waarin  $E_i$  respectievelijk  $H_i$  de component van  $E$  respectievelijk  $H$  is bij frequentie  $f_i$ ,  $I_{E,i}$  die van de elektrische stroom in extremiteiten (armen, benen)  $I_{E,i}$  en  $I_{C,i}$  van de elektrische contactstroom  $I_C$ .

Aan al deze sommen wordt de eis gesteld, dat ze kleiner dan 1 moeten zijn.

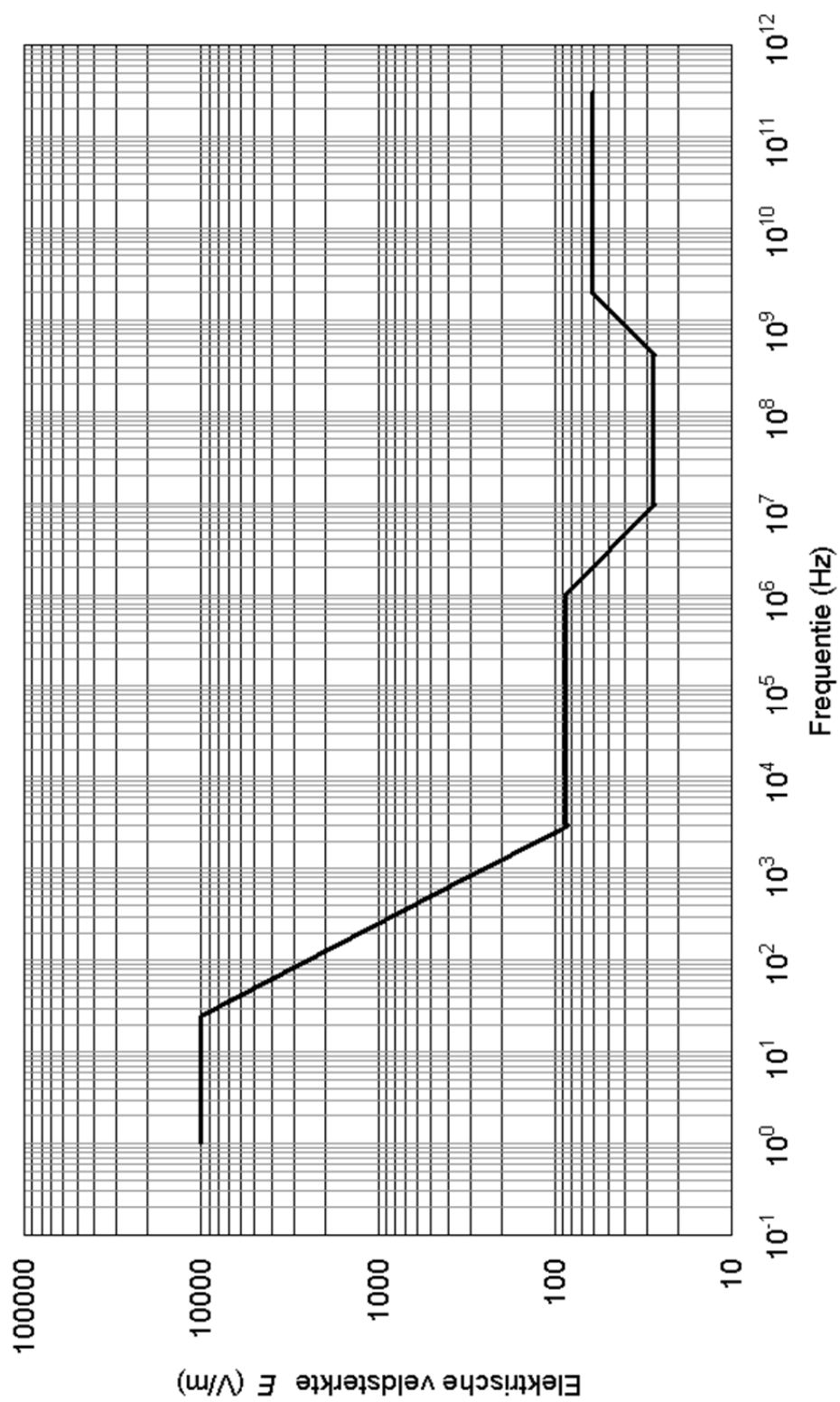
*Voorbeeld*

Een publiek toegankelijk terrein bevindt zich in de buurt van een zendmast die drie frequenties uitzendt: 100 kHz, 4 MHz en 20 MHz. Metingen wijzen uit dat de RMS-waarden van het elektrische veld op een bepaald punt op het terrein voor deze drie frequenties respectievelijk 40, 30 en 20 V/m bedragen. Met behulp van de figuren kan nu de volgende tabel worden ingevuld:

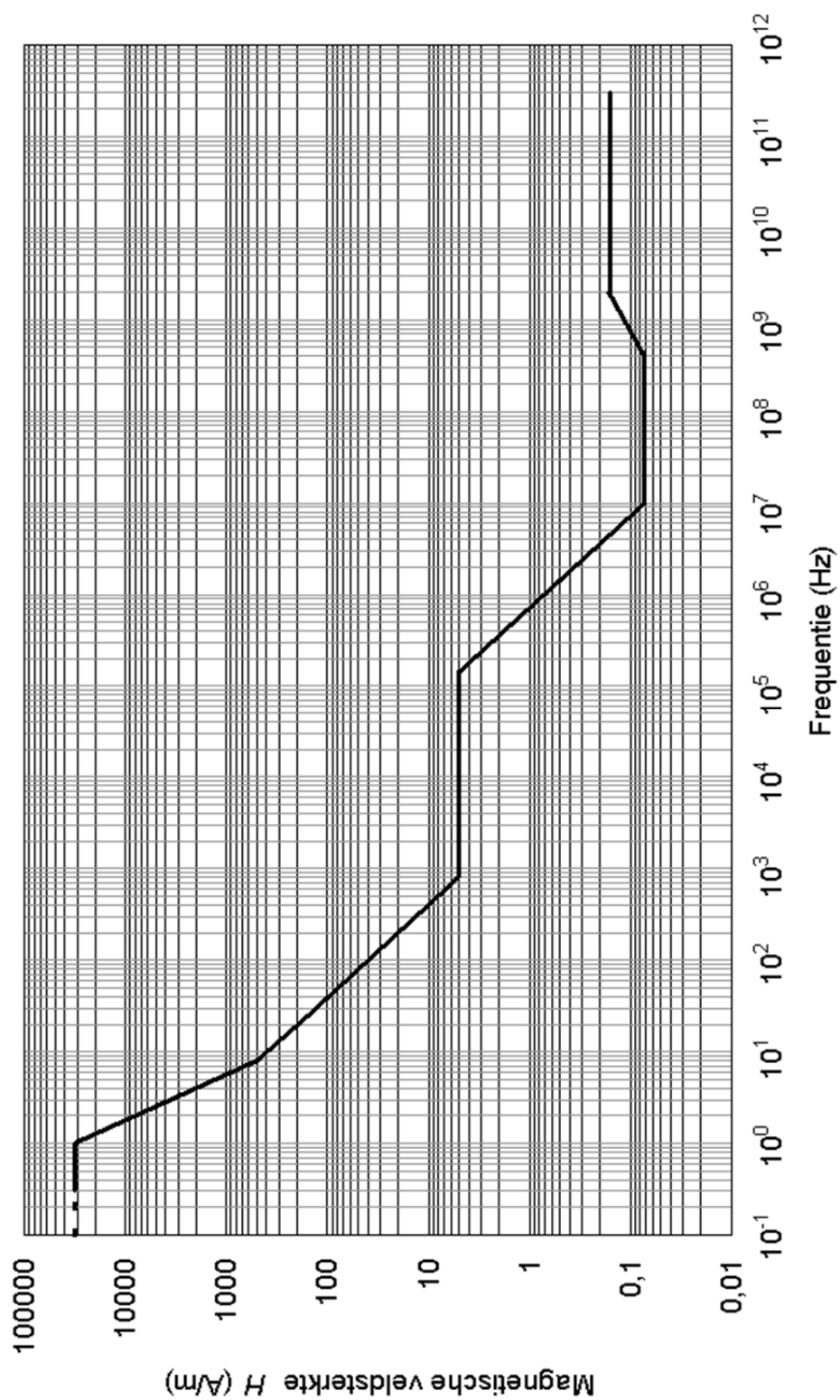
<b><math>f</math> (Hz)</b>	<b><math>E</math> (V/m)</b>	<b><math>E_{ref}</math> (V/m)</b>	<b><math>a</math> (V/m)</b>	<b><math>c</math> (V/m)</b>	<b><math>E/a</math></b>	<b><math>(E/c)^2</math></b>
$1 \times 10^5$	40	87	87	27	0,46	0,02
$4 \times 10^6$	30	43	87	43	0,34	0,49
$2 \times 10^7$	20	28	$\infty$	28	0	0,51
som					0,8	1,02

Geen van de referentieniveaus voor enkelvoudige frequenties wordt overschreden. De optelling van de waarden  $E/a$  levert een waarde kleiner dan 1, maar de optelling van de waarden  $(E/c)^2$  levert een waarde juist boven de 1. Er is dus sprake van een overschrijding van de referentieniveaus.

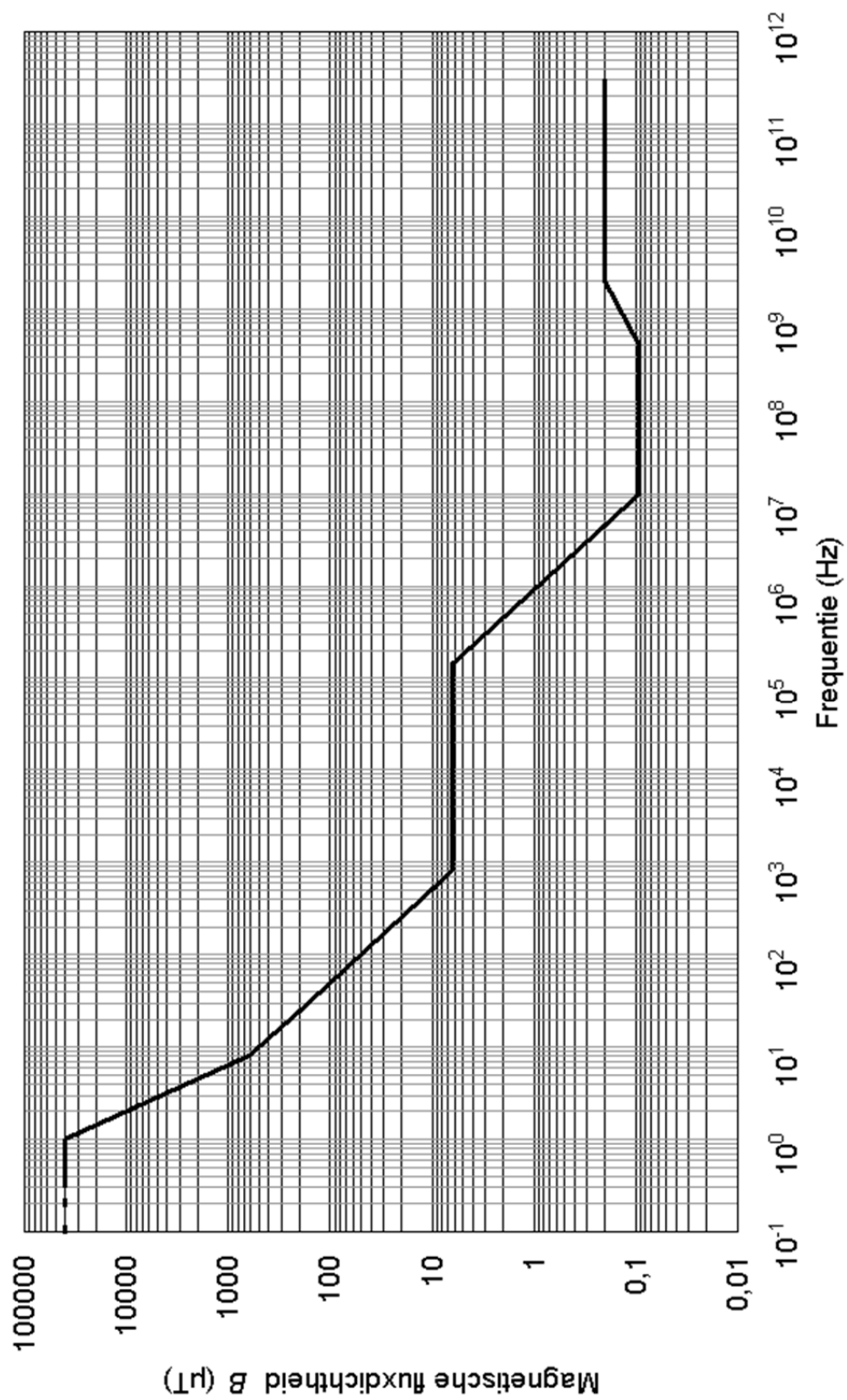




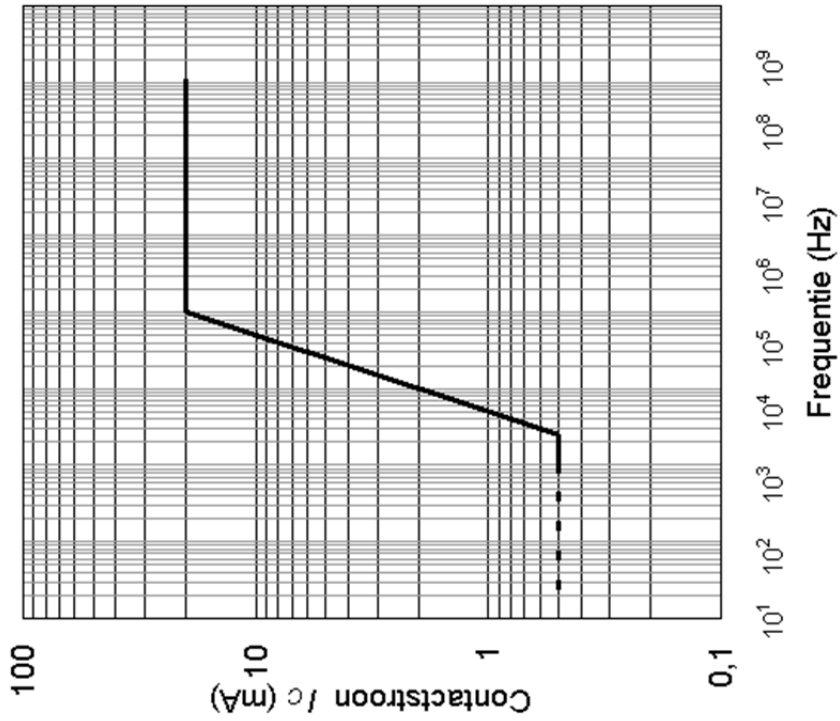
Figuur 1: Referentieniveaus elektrische veldsterkte



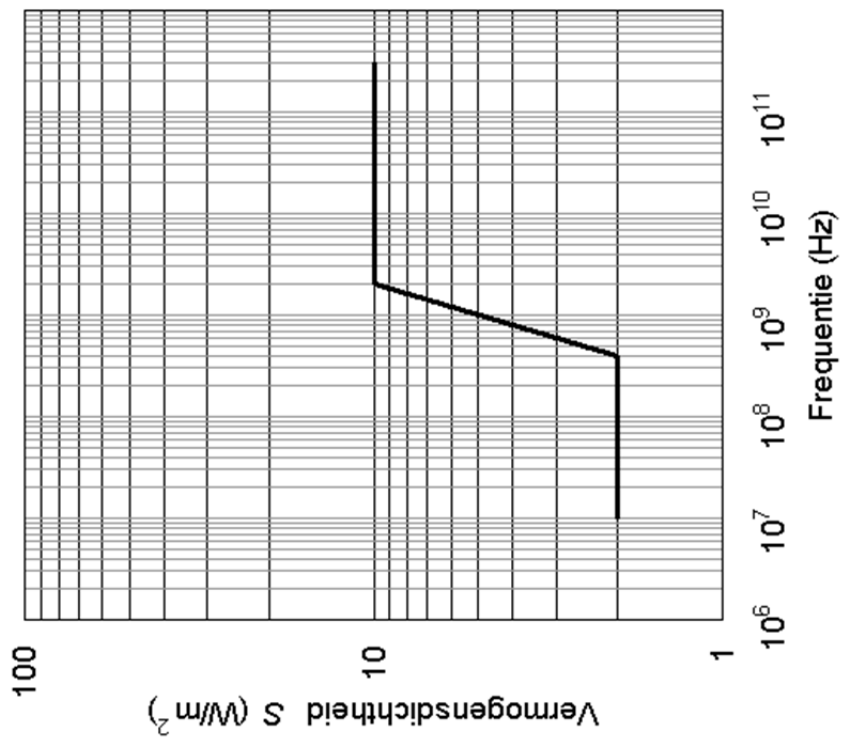
Figuur 2: Referentieniveaus magnetische veldsterkte



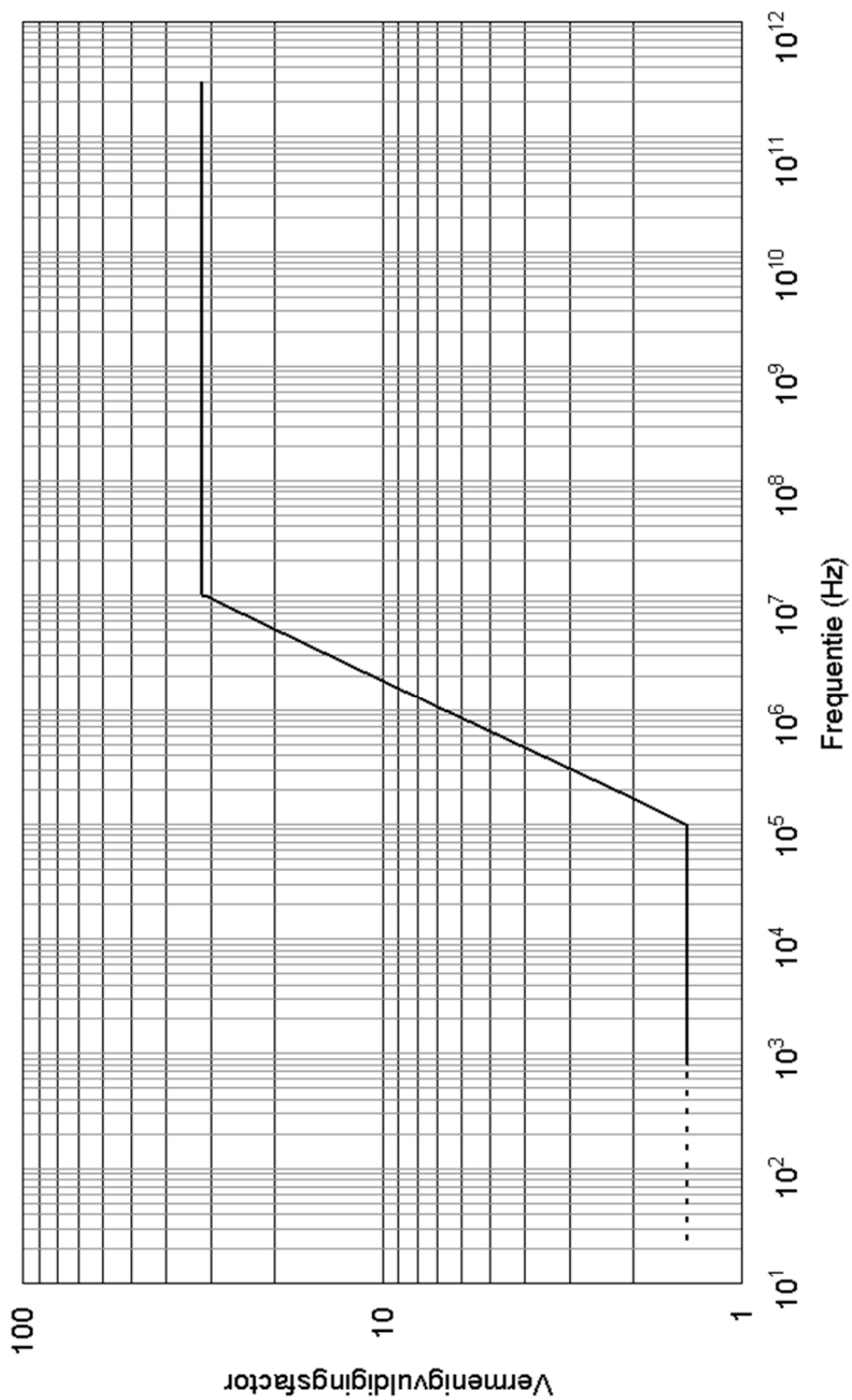
Figuur 3: Referentieniveaus magnetische fluxdichtheid



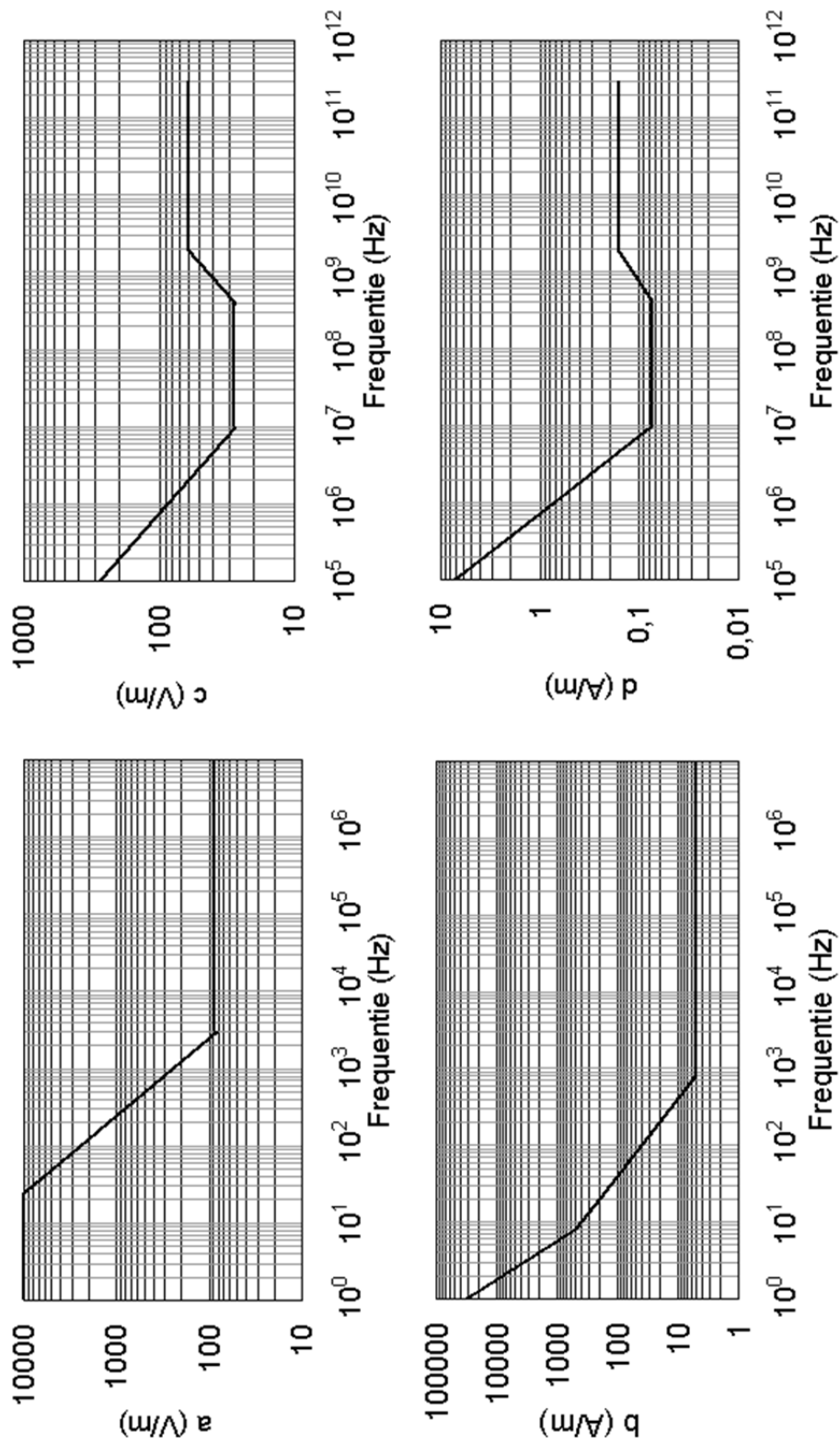
Figuur 5: Referentieniveaus contactstroom



Figuur 4: Referentieniveaus vermogensdichtheid



Figuur 6: Vermenigvuldigingsfactor voor berekenen van referentieniveaus voor piekwaarden



Figuur 7: Waarden a, b, c, en d ten behoeve van het optellen bij meerdere frequenties

## Bijlage 2 Basisrestricties en referentieniveaus voor leden van de algemene bevolking in ICNIRP, 2010

In 2010 bracht ICNIRP nieuwe richtsnoeren uit voor blootstelling van werknemers en leden van de bevolking aan elektromagnetische velden met frequenties van 1 hertz tot 10 megahertz. De basisrestricties en referentieniveaus in dit frequentiegebied dienen ter voorkoming van effecten op het zenuwstelsel, vooral het zien van lichtflitsen (magnetofosfenen) en pijnlijke zenuwstimulatie. De belangrijkste wijziging ten opzichte van de ICNIRP-richtsnoeren van 1998 en de Europese aanbeveling is dat de basisrestricties worden gegeven in termen van de sterkte van de in het lichaam geïnduceerde elektrische velden en niet meer in termen van de stroomdichtheid. Daarnaast zijn de basisrestricties in het frequentiegebied tot 1000 hertz verhoogd (versoepeld) vanwege nieuwe inzichten in dosimetrie en het ontstaan van magnetofosfenen. De basisrestricties en referentieniveaus voor leden van de bevolking zijn weergegeven in Tabel 5 en Tabel 6.

Tabel 5 Basisrestricties (ICNIRP, 2010)

blootstelling van	frequentiegebied	intern elektrisch veld
		V/m
weefsel van centraal zenuwstelsel in het hoofd	1 Hz - 10 Hz	$0,1/f$
	10 Hz - 25 Hz	0,01
	25 Hz - 1000 Hz	$4 \times 10^{-4}f$
	1000 Hz - 3 kHz	0,4
	3 kHz - 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$
alle weefsels in hoofd en lichaam	1 Hz - 3 kHz	0,4
	3 kHz - 10 MHz	$1,35 \times 10^{-4}f$

Opmerkingen:

- $f$  is de frequentie in hertz (Hz).
- Alle waarden zijn RMS (Root Mean Square).
- Voor frequenties boven 100 kHz moet aan aanvullende basisrestricties worden getoetst.

Tabel 6 Referentieniveaus (ICNIRP, 2010; ongestoorde RMS waarden)

frequentiegebied	elektrische veldsterkte $E$	magnetische veldsterkte $H$	magnetische fluxdichtheid $B$
	kV/m	A/m	T
1 Hz - 8 Hz	5	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^{-2}/f^2$
8 Hz - 25 Hz	5	$4 \times 10^3/f$	$5 \times 10^{-3}/f$
25 Hz - 50 Hz	5	$1,6 \times 10^2$	$2 \times 10^{-4}$
50 Hz - 400 Hz	$2,5 \times 10^2/f$	$1,6 \times 10^2$	$2 \times 10^{-4}$
400 Hz - 3 kHz	$2,5 \times 10^2/f$	$6,4 \times 10^4/f$	$8 \times 10^{-2}/f$
3 kHz - 10 MHz	$8,3 \times 10^{-2}$	21	$2,7 \times 10^{-5}$

Opmerkingen:

- $f$  is de frequentie in hertz (Hz).
- Zie (ICNIRP, 2010) voor advies over blootstelling aan niet-sinusoidale velden en aan meer frequenties tegelijkertijd.
- Voor frequenties boven 100 kHz moet aan aanvullende basisrestricties worden getoetst.

Voor contactstromen zijn de referentieniveaus hetzelfde als in ICNIRP, 1998 en in de Europese aanbeveling. Wel zijn de frequentiegebieden waar deze referentieniveaus van toepassing zijn, aangepast (Tabel 7).

*Tabel 7 Referentieniveaus voor de contactstroom van geleidende voorwerpen. (ICNIRP, 2010)*

frequentiegebied	maximale contactstroom ( $f$ in kHz)
	mA
tot aan 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz - 100 kHz	$0,2 f$
100 kHz - 110 MHz	20



## Bijlage 3 Regelgeving, normen en voorzorgsbeleid

### Europese regelgeving

Voor blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden zijn vier publicaties van de Europese Unie van belang: een aanbeveling en drie richtlijnen (Europese wetgeving).

- Aanbeveling van de Raad van de Europese Unie van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz (1999/519/EG). Deze aanbeveling bevat limieten voor blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden. De lidstaten van de EU zijn niet verplicht deze op te nemen in de nationale wetgeving.
- Richtlijn 2006/95/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de onderlinge aanpassing van de wettelijke voorschriften der lidstaten inzake elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen. Deze richtlijn bepaalt onder andere dat apparatuur voor een nominale wisselspanning tussen 50 tot 1000 volt en voor een nominale gelijkspanning tussen 75 en 1500 volt alleen in de handel kan worden gebracht, als deze de veiligheid van mensen niet in gevaar brengt. Hieronder valt het voorkómen van 'stralingen die gevaar zouden kunnen opleveren', maar er worden in de richtlijn geen specifieke limieten genoemd. De richtlijn stelt wel dat aan deze voorwaarde wordt voldaan, als de apparatuur voldoet aan de toepasselijke geharmoniseerde Europese normen (zie onder). Die normen gaan er in het algemeen van uit dat voldoende tegen de mogelijke gezondheidseffecten van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden wordt beschermd, als de limieten in de Europese aanbeveling niet worden overschreden. Inmiddels hebben het Europees Parlement en de Raad een nieuwe Laagspanningsrichtlijn aangenomen (2014/35/EU). De belangrijkste wijzigingen daarin zijn het uitsplitsen van de verplichtingen naar doelgroep (fabrikanten, importeurs, distributeurs) en het toevoegen van procedures voor 'market surveillance' en melding als afwijkingen van de richtlijn worden geconstateerd. Daarnaast kan elektrisch materiaal slechts in de EU op de markt worden gebracht, als het de gezondheid en veiligheid van mensen niet in gevaar brengt (was: 'de veiligheid niet in gevaar brengt'). Richtlijn 2006/95/EG zal op 20 april 2016 worden ingetrokken.
- Richtlijn 1999/5/EG van het Europees Parlement en de Raad van 9 maart 1999 betreffende radioapparatuur en telecommunicatie-eindapparatuur en de wederzijdse erkenning van hun conformiteit. Deze richtlijn bepaalt onder andere dat radio- en telecommunicatieapparatuur alleen op de markt mag worden gebracht en in gebruik genomen, als de gezondheid en veiligheid van de gebruiker beschermd zijn. De richtlijn stelt dat aan deze voorwaarde wordt voldaan, als de apparatuur voldoet aan de toepasselijke geharmoniseerde Europese normen (zie onder). Die normen gaan er in het algemeen van uit dat voldoende tegen de mogelijke gezondheidseffecten van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden wordt beschermd, als de limieten in de Europese aanbeveling niet worden overschreden. Inmiddels hebben het Europees Parlement en de Raad een nieuwe richtlijn voor het op de markt brengen van radioapparatuur aangenomen (2014/53/EU). De belangrijkste wijzigingen daarin zijn het uitsplitsen van de verplichtingen naar doelgroep (fabrikanten, importeurs, distributeurs) en het toevoegen van procedures voor 'market surveillance' en melding als afwijkingen van de

richtlijn worden geconstateerd. Richtlijn 1999/5/EG zal op 13 juni 2016 worden ingetrokken.

- *Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 betreffende machines*. Deze richtlijn verwijst (Bijlage I, 1.5.1) voor risico's ten gevolge van de elektriciteitsvoorziening naar de Laagspanningsrichtlijn. Volgens Bijlage I, 1.5.10 dient ongewenste emissie van elektromagnetische velden van de machine te worden geëlimineerd of verminderd tot een niveau dat geen nadelige gevolgen heeft voor personen. Ook dient iedere functionele emissie van elektromagnetische velden tijdens het installeren, het werken en het schoonmaken te worden beperkt tot een niveau dat geen nadelige gevolgen heeft voor personen.

### **Nederlandse regelgeving**

In Nederland bestaat op dit moment geen bindende wet- of regelgeving waarin limieten zijn opgenomen aan de sterkte van elektrische, magnetische of elektromagnetische velden waaraan leden van de bevolking kunnen worden blootgesteld. Wel bepaalt het *Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer* van 5 januari 1993 dat 'inrichtingen voor het omzetten van elektrische energie in stralingsenergie' (zendinstallaties) met een vermogen van 4 kW of hoger vallen onder de inrichtingen die nadelige gevolgen voor het milieu kunnen veroorzaken in de zin van Artikel 1.1 Sub 3 van de Wet milieubeheer. De Wet milieubeheer gaat echter niet over productveiligheid of over het binnenmilieu in woningen.

Richtlijn 2006/95/EG is in Nederland getransponeerd in het *Warenwetbesluit elektrotechnische producten* van 6 juli 1992 in de wijziging van 5 september 2007 (besluit op grondslagen van Artikelen 4, eerste lid, onderdeel a, 8, onderdeel c, 13 en 14 van de Warenwet van 28 december 1935 en Artikel 12, tweede lid, van de Electriciteitswet van 1989). Via richtlijn 2006/95/EG wordt een relatie gelegd naar geharmoniseerde normen.

Richtlijn 1999/5/EG is in Nederland getransponeerd in het *Besluit randapparaten en radioapparaten* van 20 juli 2007 in de wijziging van 1 februari 2014 (besluit op grondslagen van Artikelen 10.1, tweede lid, 10.2, tweede lid, 10.3, 10.4, 10.6, 10.7 en 10.8, onderdeel b, van de Telecommunicatiewet van 19 oktober 1998).

Richtlijn 2006/42/EG is in Nederland getransponeerd in het *Warenwetbesluit machines* van 30 juni 1992 in de wijziging van 1 januari 2012 (besluit op grondslagen van Artikelen 4, eerste lid, onderdeel a, 8, onderdelen a,b en c, 11, 12, 13 en 14 van de Warenwet van 28 december 1935).

### **Geharmoniseerde normen**

Een norm (Engels: 'standard') is een technisch document met erkende afspraken, specificaties of criteria over een product, een dienst of een methode. Normen kunnen vastgelegd worden binnen een bedrijf of organisatie, binnen een consortium van organisaties of door erkende normalisatieorganisaties. Erkende normalisatieorganisaties werken volgens gestandaardiseerde processen waarbij vertegenwoordigers van bedrijven, overheden en consumentenorganisaties betrokken kunnen zijn. Europese normen worden opgesteld door een van de drie officiële Europese normalisatieorganisaties: CEN (Comité Européen de Normalisation), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) of ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Normalisatieorganisaties in de lidstaten van de EU kunnen bijdragen aan de totstandkoming van nieuwe Europese normen. Voor Nederland verlopen deze contacten via de

normcommissie 'Invloed EM-velden op het menselijk lichaam' van het Nederlands Elektrotechnisch Comité (NEC-EMF). Geharmoniseerde Europese normen zijn Europese normen die op verzoek van de Europese Commissie zijn opgesteld en die methoden bieden om te voldoen aan de bepalingen in specifieke Europese richtlijnen. Fabrikanten of gebruikers van apparatuur kunnen geharmoniseerde Europese normen gebruiken om aan te tonen dat hun producten of diensten voldoen aan de relevante Europese wetgeving. Het gebruik van de normen blijft echter altijd vrijwillig. Van de beschikbare Europese normen op het gebied van blootstelling aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden is maar een deel geharmoniseerd met de richtlijnen 1999/5/EG en 2006/95/EG.

De normalisatie-instituten van de lidstaten van de EU zijn verplicht om de Europese normen nationaal over te nemen. Op basis van het Warenwetbesluit elektrotechnische produkten is het normalisatie-instituut NEN in Nederland aangewezen om die rol te vervullen. Op de website van NEN (<http://www.nen.nl>) kan worden gezocht naar normen op het gebied van blootstelling of sterkte van de velden met zoektermen zoals 'magnetische velden', 'elektromagnetische velden' of 'radiofrequente velden'. Zoals eerder vermeld, kunnen de onder de Europese richtlijnen geharmoniseerde Europese normen met limieten voor de sterkte van de velden worden gebruikt om aan te tonen dat de gezondheid en veiligheid van leden van de bevolking voldoende wordt beschermd. Omgekeerd betekent dat echter niet zonder meer dat de gezondheid en veiligheid onvoldoende worden beschermd, als de normen niet worden gebruikt of als de daarin gebruikte limieten uit de Europese aanbeveling worden overschreden.

### **Voorzorgsbeleid**

Voor langdurige blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen is een statistisch verband aangetoond met het vóórkomen van leukemie bij kinderen (zie Hoofdstuk 4). Op basis van dit verband bracht de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer in 2005 een advies uit aan de Colleges van Burgemeesters en Wethouders, de Colleges van Gedeputeerde Staten, het Interprovinciaal Overleg, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, EnergieNed en de Netbeheerders Elektriciteit.<sup>1</sup> Dat advies luidde: 'Op basis van het voorgaande adviseer ik u om bij de vaststelling van streek- en bestemmingsplannen en van de tracés van bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel bij wijzigingen in bestaande plannen of van bestaande hoogspanningslijnen, zo veel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla (de magneetveldzone)'. Het advies werd in 2008 verduidelijkt<sup>2</sup> door te stellen dat

- met 'langdurig verblijf' wordt bedoeld een verblijf van tenminste 14 tot 18 uur per dag gedurende minimaal één jaar;

<sup>1</sup> Advies (en bijlage) met betrekking tot hoogspanningslijnen van staatssecretaris Van Geel van VROM aan Colleges van Burgemeester en Wethouders, Colleges van Gedeputeerde Staten, IPO, VNG, EnergieNed, Netbeheerders Elektriciteit, gedateerd 3 oktober 2005, kenmerk SAS/2005183118 ([www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brieven/2005/01/01/advies-met-betrekking-tot-hoogspanningslijnen.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brieven/2005/01/01/advies-met-betrekking-tot-hoogspanningslijnen.html)).

<sup>2</sup> Verduidelijking advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. Brief minister Cramer van VROM, gedateerd op 4 november 2008, kenmerk: DGM\2008105664 ([www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brieven/2005/01/01/advies-met-betrekking-tot-hoogspanningslijnen.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brieven/2005/01/01/advies-met-betrekking-tot-hoogspanningslijnen.html)).

- met 'situaties waar bij kinderen langdurig verblijven' ('gevoelige bestemmingen') wordt bedoeld woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen;
- met 'nieuwe situaties' wordt bedoeld situaties die ontstaan na het uitbrengen van het advies in oktober 2005.

Recente publicaties (Bunch et al., 2014; Zhao et al., 2014) hebben tot gevolg gehad dat de staatssecretaris van IenM de Gezondheidsraad heeft gevraagd om een actualisatie van het advies uit 2000. Het nieuwe advies zal de staatssecretaris de mogelijkheid bieden om af te wegen of er aanleiding is het huidige voorzorgbeleid te heroverwegen.



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*