



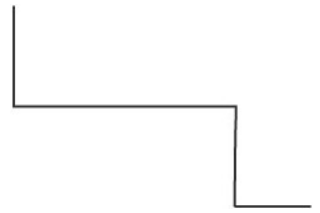
RIVM Rapport 300010001/2005

## **Extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden van huishoudelijke apparatuur**

G Kelfkens en MJM Pruppers

Contact  
Gert Kelfkens  
Laboratorium voor Stralingsonderzoek  
[gert.kelfkens@rivm.nl](mailto:gert.kelfkens@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, Directoraat-Generaal Volksgezondheid, Directie Voeding, Gezondheidsbescherming en Preventie, in het kader van project V/300010 'Beoordeling risico's elektromagnetische velden (BREM)', kennisvraag 'Laagfrequente velden van huishoudelijke apparatuur'.



## Rapport in het kort

### **Extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden van huishoudelijke apparatuur**

De blootstelling aan elektrische en magnetische velden ligt voor de meeste huishoudelijke apparaten onder de niveaus die de Europese Unie aanbeveelt. Voor die apparaten zijn geen gezondheidseffecten op de korte termijn te verwachten.

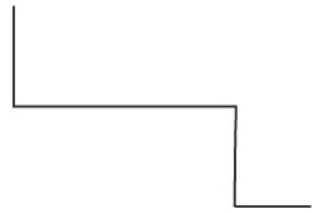
Elk apparaat dat op het elektriciteitsnet is aangesloten, heeft een elektrisch en magnetisch veld om zich heen waaraan de gebruiker kan worden blootgesteld. Sommige mensen maken zich zorgen over gezondheidseffecten door blootstelling aan elektromagnetische velden. Daarom is het belangrijk die velden en de eventuele gezondheidseffecten in kaart te brengen. Dit rapport beschrijft het wetenschappelijk onderzoek naar gezondheidseffecten door gebruik van huishoudelijke apparatuur, de regelgeving voor deze apparaten, de sterkte van de magnetische velden in de buurt van die apparaten en de blootstelling waar het gebruik van deze apparaten toe kan leiden.

De (verouderde) literatuurgegevens over de magnetische velden in de buurt van huishoudelijke apparaten suggereren dat voor enkele typen apparatuur die nog in gebruik kunnen zijn, de door de EU aanbevolen niveaus worden overschreden. Omdat de technologie verbeterd is en omdat huishoudelijke apparaten tegenwoordig moeten voldoen aan een Europese norm, is overschrijding van de aanbevolen niveaus voor apparaten die nu te koop zijn, minder waarschijnlijk.

De EU-blootstellingsniveaus zijn gebaseerd op effecten die tijdens of kort na blootstelling optreden. Het kan niet worden uitgesloten dat blootstelling beneden deze niveaus op de lange termijn gezondheidsrisico's met zich mee brengt, maar het wetenschappelijk onderzoek wijst niet op een verband tussen kanker en het gebruik van huishoudelijke apparaten.

Trefwoorden: elektromagnetische velden; huishoudelijke apparatuur; gezondheidseffecten





## Abstract

### **Extreme low-frequency electric and magnetic fields due to the use of household appliances**

Exposure to electric and magnetic fields due to the use of most household appliances does not exceed the exposure levels recommended by the European Union. No short-term health effects are to be expected for these appliances.

All appliances connected to the power grid are surrounded by electric and magnetic fields to which the user can be exposed. Because some people worry about possible health effects caused by this exposure, it is important to study the electromagnetic fields in the vicinity of household appliances. This report evaluates the scientific investigations of health effects that may occur in using household appliances. The legislation for the use of these appliances in both the European Union and the Netherlands is also described. Finally, an overview is given of comparative measurements with respect to the magnetic fields and exposure in the neighbourhood of household appliances.

Scientific literature, which is not always up to date, suggests that for some household appliances possibly still in use, the magnetic fields will exceed the exposure levels advised by the EU. As a result of both technological improvement and the current obligation that household appliances comply with a European standard, exceeding the levels advised by the EU for appliances that come onto the market is less likely.

The exposure levels recommended by the EU are based on effects that occur during or shortly afterwards exposure. It cannot be ruled out that exposure below these levels may lead to long-term health effects. However, there is no scientific evidence for a relationship between cancer and the use of household appliances.

Key words: electromagnetic fields; household appliances; health effects



# Inhoud

## Managementsamenvatting 5

### **1 Inleiding 7**

- 1.1 Probleemstelling en aanleiding 7
- 1.2 Vraagstelling 7
- 1.3 Afbakening en leeswijzer 7

### **2 Gezondheidseffecten van extreem-laagfrequente velden 9**

- 2.1 Inleiding 9
- 2.2 Effecten op korte termijn 9
- 2.3 Effecten op lange termijn 10
- 2.4 Aspecifieke effecten 12
- 2.5 Conclusies 13

### **3 Regelgeving voor huishoudelijke apparatuur 14**

- 3.1 Inleiding 14
- 3.2 Europese regelgeving 14
- 3.3 Normalisatie-activiteiten 16
- 3.4 Nederlandse wet- en regelgeving 18
- 3.5 Conclusies 18

### **4 Velden en blootstelling afkomstig van huishoudelijke apparatuur 19**

- 4.1 Inleiding 19
- 4.2 Indeling huishoudelijke apparatuur 19
- 4.3 Elektrische en magnetische velden 20
- 4.4 Veldsterkten 22
- 4.5 Blootstellingsduur 24
- 4.6 Penetratiegraad 25
- 4.7 Blootstelling 25
- 4.8 Conclusies 28

### **5 Algemene conclusies 31**

### **Bijlage 1 Lijst van afkortingen 32**

### **Referenties 33**

## Managementsamenvatting

De afgelopen decennia is het gebruik van elektrische apparatuur toegenomen. Daardoor wordt de Nederlandse bevolking in toenemende mate blootgesteld aan de elektromagnetische velden afkomstig van die apparatuur. Er zijn mensen die zich zorgen maken over mogelijke gezondheidseffecten die blootstelling aan deze elektromagnetische velden zou kunnen hebben.

Het is de verantwoordelijkheid van de overheid de bevolking adequaat te beschermen tegen nadelige gezondheidseffecten die deze velden mogelijk induceren. Daarvoor is het nodig te weten tot welke gezondheidseffecten elektromagnetische velden afkomstig van apparatuur mogelijk kunnen leiden, hoe sterk de velden in de buurt van deze apparatuur zijn en hoe deze velden zich verhouden tot de door de Europese Unie aanbevolen beschermingsniveaus.

In opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport vat het RIVM die gegevens in dit rapport samen. Het rapport beperkt zich tot apparatuur die werkt op het elektriciteitsnet, met een frequentie van 50 Hz. Binnen die apparaten concentreert dit rapport zich op apparatuur die voor het huishouden, tijdens hobby of kluswerkzaamheden en in de tuin worden gebruikt, kortweg aangeduid als ‘huishoudelijke apparatuur’.

Voor een groot aantal gezondheidseffecten is een verband met blootstelling aan elektromagnetische velden gesuggereerd. Het gaat daarbij om uiteenlopende effecten zoals: leukemie, hersentumoren, borstkanker, prostaatkanker, hart- en vaatziekten, miskramen, dementie en depressies. De wetenschappelijke onderzoeken leveren op dit moment geen consistente aanwijzingen voor een oorzakelijk verband tussen het optreden van bovengenoemde gezondheidseffecten en de blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur.

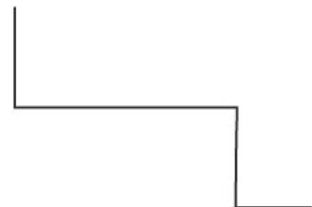
De Europese Unie heeft aanbevelingen opgesteld voor de bescherming van de bevolking tegen elektromagnetische velden. Deze aanbevelingen zijn gebaseerd op de wetenschappelijke evaluatie van ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Bij het opstellen van de referentieniveaus heeft ICNIRP zich uitsluitend gebaseerd op goed gedocumenteerde effecten die tijdens of kort na blootstelling optreden. Met betrekking tot langetermijneffecten vond ICNIRP de kwaliteit van de beschikbare gegevens onvoldoende om beschermingsniveaus vast te kunnen leggen. Strikt genomen beschermen de door de EU overgenomen ICNIRP-referentieniveaus daarom alleen tegen kortetermijneffecten. Op dit moment kan niet worden uitgesloten dat blootstelling aan veldsterkten beneden de ICNIRP-referentieniveaus op de lange duur tot gezondheidseffecten kan leiden.

De kwaliteit van de gegevens over de sterkte van het magnetische veld in de buurt van huishoudelijke apparatuur is onderzocht. De gegevens zijn meestal van voor 1998 en doen daarom geen recht aan de snelle technische ontwikkeling die juist op het gebied van huishoudelijke apparatuur plaatsvindt. Daarnaast komen enkele belangrijke studies met meetgegevens uit de Verenigde Staten, waar het lichtnet (110 V, 60 Hz) anders is dan in Europa. Daarom zijn die gegevens niet representatief voor de Europese situatie. Toch is de informatie over elektromagnetische velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur

vanuit de overheid in de meeste West-Europese landen gebaseerd op een Amerikaanse studie uit 1985.

Op basis van deze verouderde gegevens is het mogelijk dat er in Nederland huishoudelijke apparatuur in gebruik is die de referentieniveaus uit de EU-aanbeveling overschrijdt. Het gaat hierbij om scheerapparaat, haardroger, boormachine en stofzuiger. Uit meer recente metingen aan scheerapparaten blijkt dat de referentieniveaus waarschijnlijk niet worden overschreden.

In enkele studies is geprobeerd de bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de totale blootstelling aan (50 Hz) elektromagnetische velden in te schatten. Daarbij is een cumulatieve dosis als blootstellingsmaat gehanteerd. Uit deze onderzoeken blijkt dat circa eenderde deel van de totale blootstelling voor rekening komt van huishoudelijke apparatuur. Zowel apparatuur die de gebruiker kortdurend aan sterke velden blootstellen (scheerapparaat, haardroger) als apparatuur waar de gebruiker gedurende langere tijd aan zwakkere velden wordt blootgesteld (wekkerradio, elektrische deken) dragen substantieel aan deze blootstelling bij.



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling en aanleiding

Het gebruik van huishoudelijke apparatuur is de afgelopen decennia sterk toegenomen. Die apparatuur wekt elektromagnetische velden op, soms bedoeld (mobiele telefonie, draadloze communicatie binnenshuis) en soms onbedoeld (scheerapparaat, computer, boormachine, etc.). Vanwege de zeer lage frequentie van het elektriciteitsnet (50 Hz) worden de elektrische en magnetische velden die huishoudelijke apparatuur opwekt aangeduid als extreem-laagfrequente velden (alle frequenties beneden de 300 Hz).

Sommige mensen maken zich ongerust over mogelijke nadelige effecten van deze elektromagnetische velden op de gezondheid. Dit onderzoek is een gevolg van deze bezorgdheid. De directe aanleiding vormt een Kamervraag van de vaste Tweede Kamercommissie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport naar aanleiding van een brief van de Minister van VWS van 9 november 2001 inzake gezondheid en milieu [1]. De vraag luidde: ‘... Wat zijn de gezondheidseffecten van de veldsterkten van elektrische apparatuur die binnenshuis aanwezig is? ...’. Het antwoord op deze Kamervraag geeft aan dat voor sommige apparaten de door de Gezondheidsraad aanbevolen blootstellingslimiet kan worden overschreden en dat Europese normstelling in ontwikkeling is [2].

Dit onderzoek geeft een overzicht van de stand van zaken op het gebied van de elektromagnetische velden van huishoudelijke apparatuur.

## 1.2 Vraagstelling

Het doel van het onderzoek is duidelijkheid te krijgen over de blootstelling aan extreem-laagfrequente velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur in Nederland en hoe deze zich verhoudt tot de basisrestricties en de referentieniveaus die door de EU ter bescherming van leden van de bevolking worden aanbevolen [3].

Het onderzoek richt zich op de volgende vragen:

- Welke huishoudelijke apparatuur kan in Nederland bij normaal gebruik tot overschrijding van referentieniveaus leiden? Hoe vaak, hoe lang en voor hoeveel personen worden de referentieniveaus overschreden?
- Wat is de bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de totale blootstelling van de bevolking aan 50 Hz elektromagnetische velden?
- Wat kunnen hiervan de mogelijke gevolgen voor de volksgezondheid op de korte en de lange termijn zijn?

## 1.3 Afbakening en leeswijzer

Van Dale definieert het huishouden als het ‘geheel van zaken betreffende de dagelijkse zorg voor een woning en haar bewoners’. Deze studie betreft alle apparatuur die daarbij kan worden gebruikt. Daaraan zijn toegevoegd de apparaten die in de tuin, tijdens



kluswerkzaamheden en in de hobbysfeer worden gebruikt. Deze uitgebreide groep apparatuur wordt aangeduid met huishoudelijke apparatuur<sup>1</sup>. Het frequentiegebied is beperkt tot de extreem-laagfrequente (ELF-)velden met de netfrequentie, 50 Hz in Europa en 60 Hz in de Verenigde Staten. Deze studie verzamelt gegevens uit de nationale en internationale literatuur, soms aangevuld met eigen berekeningen. Tevens beperkt de studie zich tot blootstelling in woon- en hobbysituaties. Beroepsmatige blootstelling blijft buiten beschouwing.

In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de mogelijke gezondheidseffecten van extreem-laagfrequente velden op korte en lange termijn. Hoofdstuk 3 bevat een overzicht van de wet- en regelgeving gericht op de bescherming van leden van de bevolking tegen de nadelige effecten van blootstelling aan extreem-laagfrequente elektrische en magnetische velden. De informatie die beschikbaar is over de veldsterkten die rond huishoudelijke apparatuur kunnen voorkomen en de blootstelling aan deze velden, wordt in Hoofdstuk 4 opgesomd. In paragraaf 4.8 wordt geëvalueerd of er in Nederland overschrijding van referentieniveaus of basisrestricties voorkomen en wat de omvang van de overschrijding kan zijn. Het rapport besluit met de algemene conclusies.

---

<sup>1</sup> In de Engelstalige literatuur duidt men de apparatuur die in het huishouden wordt gebruikt aan met household appliances of ook wel met domestic appliances.



## 2 Gezondheidseffecten van extreem-laagfrequente velden

### 2.1 Inleiding

In 1979 publiceerden Wertheimer en Leeper hun studie over een verhoogd kankerrisico voor kinderen die in de buurt van het elektriciteitsnet wonen [4]. Deze studie vormde de start van omvangrijk en uiteenlopend onderzoek naar mogelijk schadelijke effecten van blootstelling aan extreem-laagfrequente velden die in de leefomgeving van de mens kunnen voorkomen. Een uitgebreide evaluatie van mogelijke gezondheidseffecten valt buiten de scope van dit rapport. Het hier gegeven overzicht is gebaseerd op drie recente reviews:

- Het 'International EMF Project' van de World Health Organisation [5]. In dit project brengt de WHO mogelijke gezondheidseffecten in kaart voor frequenties: 0 - 300 GHz. De beoordeling van mogelijke carcinogeniteit van blootstelling aan ELF-velden door de International Agency for Research on Cancer (IARC) is in 2002 reeds opgeleverd [6].
- Het 'Consultation Document' van de United Kingdom National Radiation Protection Board (NRPB) [7]. Deze studie is een *update* van het Doll-report [8] uit 2001. Het Consultation Document bevat een evaluatie van de stand van de wetenschap (2003), ondermeer met betrekking tot kortetermijneffecten van ELF-velden en de relatie tussen ELF-velden en kanker.
- Het advies van de Gezondheidsraad uit 2000 [9], aangevuld met de jaarberichten van de Gezondheidsraad uit 2001 [10] en 2003 [11]. Dit advies is een actualisering en uitbreiding naar een groter frequentiegebied van het advies uit 1992 [12].

De internationale studies geven een compleet overzicht van de beschikbare wetenschappelijke kennis. Het advies van de Gezondheidsraad en de jaarberichten geven een vertaling van deze kennis naar de Nederlandse situatie.

Gezondheidseffecten worden hier onderscheiden in drie soorten: effecten op korte termijn, effecten op lange termijn en specifieke effecten.

### 2.2 Effecten op korte termijn

#### 2.2.1 Effecten

Op korte termijn kan blootstelling aan ELF-velden leiden tot het ophopen van elektrische lading op het lichaamsoppervlak, het induceren van elektrische stromen in het lichaam en het waarnemen van lichtflitsen, de zogenaamde fosfenen. Deze kortetermijneffecten zijn goed begrepen en beschreven. Zij treden op bij hoge veldsterkten die onder normale omstandigheden niet in de leefomgeving voorkomen. Blootstellingsniveaus, zoals geformuleerd in de EU-aanbeveling, geven afdoende bescherming tegen deze kortetermijneffecten. De publicatie van Reilly [13] over kortetermijneffecten, waarop ook het advies van de Gezondheidsraad is gebaseerd, geeft een uitputtend overzicht. In samenvatting:

#### *Oppervlaktelading*

Een 50 Hz elektrisch veld induceert een in tijd variërende oppervlaktelading op het lichaamsoppervlak. Deze lading kan worden waargenomen door een tintelend gevoel, of beweging van het lichaamshaar. Bij contact met een geleidend voorwerp kan een vonk overslaan. Effecten van oppervlaktelading worden merkbaar bij externe elektrische veldsterkten in de range van 2-20 kV/m [13]. De reacties variëren van waarnemen tot een pijnlijke sensatie, afhankelijk van veldsterkte, omgevingsfactoren en individuele gevoeligheid.

#### *Elektrische stromen*

ELF-velden induceren (kring)stromen in het lichaam. Bij toenemende stroomdichtheid in het lichaam kunnen deze stromen leiden tot het openen van ion-kanalen in het celmembraan, beïnvloeding van het signaaltransport langs zenuwen, het onwillekeurig samentrekken van spieren en hartritmestoornissen (fibrillatie). Boven een stroomdichtheid van 1 A/m<sup>2</sup> begint de stimulatie van de zenuwvezels, boven 2,5 A/m<sup>2</sup> kunnen ernstige hartproblemen ontstaan [9, 13].

#### *Fosfenen*

Deze 'lichtflitsen' ontstaan door directe stimulatie van netvliescellen. Het optreden van fosfenen is onschadelijk, maar zij kunnen wel tot minder goede visuele waarneming leiden. De lichtflitsen verdwijnen meestal binnen een uur nadat blootstelling aan de ELF-velden is gestopt. Fosfenen kunnen optreden vanaf een stroomdichtheid van 10 mA/m<sup>2</sup> [9, 13].

#### *Beïnvloeding cognitieve functies*

Een aparte positie neemt de mogelijke beïnvloeding van cognitieve functies in. De vraag of blootstelling aan 50 Hz velden effect heeft op de cognitieve functies kan momenteel niet eenduidig worden beantwoord. In 2003 concludeert de NRPB [7] dat blootstelling aan 50 Hz elektrische velden het cognitief functioneren mogelijk beïnvloedt. Deze conclusie is voornamelijk gebaseerd op een studie van Preece uit 1998 [14].

## 2.3 Effecten op lange termijn

### 2.3.1 Inleiding

Het onderzoek naar langetermijneffecten van blootstelling aan 50 Hz velden concentreert zich op het ontstaan van kanker. De meeste onderzoeken richten zich op bovengrondse hoogspanningslijnen als bron van ELF-velden. Naar mogelijke effecten van ELF-velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur is veel minder onderzoek gedaan. Vanwege de mogelijke relatie tussen ELF-velden en leukemie bij kinderen is er vooral veel onderzoek gedaan naar deze kwetsbare groep. Een belangrijk deel van het onderzoek bij volwassenen richt zich op relatief hoge blootstelling onder beroepsmatige omstandigheden.

### 2.3.2 Langetermijneffecten bij kinderen

#### *Leukemie*

De gebruikte reviews concluderen dat er een consistente associatie is tussen blootstelling aan magnetische velden in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen en het krijgen

van leukemie door kinderen [6, 7, 8, 9]. Een recente studie uit het Verenigd Koninkrijk bevestigt de associatie eveneens [15]. Het is onwaarschijnlijk dat deze associatie (geheel) door toevallige factoren kan worden verklaard, al is een oorzakelijk verband niet aangetoond. Vanaf een waarde voor de magnetische veldsterkte boven 0,2 microtesla – 0,5 microtesla is er mogelijk een verhoogd risico [16]. Dit zijn blootstellingsniveaus die een factor 500-200 onder het 50 Hz referentieniveau van de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) liggen (zie paragraaf 3.2)

Enkele onderzoeken vinden een associatie tussen het risico op kinderleukemie en het gebruik van een elektrische deken door het kind, maar de gevonden associatie bleek niet af te hangen van duur en frequentie van het gebruik [17, 18]. Hatch concludeerde dat deze inconsistentie eerst opgelost moet worden voor er van een harde associatie sprake kan zijn [17].

#### *Andere vormen van kanker*

Vroege onderzoeken wezen op een mogelijk verband tussen blootstelling aan ELF-velden en hersentumoren bij kinderen [4, 19]. Deze associatie wordt in recente studies niet bevestigd. De gebruikte reviews concluderen daarom dat van een associatie tussen blootstelling aan ELF-velden en hersentumoren bij kinderen geen sprake is. Ook voor alle andere vormen van kanker bij kinderen vinden de geraadpleegde reviews geen consistente associatie met blootstelling aan ELF-velden [6, 7, 8, 9].

#### *Blootstelling ouders*

Het onderzoek dat is gedaan naar de invloed van blootstelling van ouders aan ELF-velden voor en tijdens de zwangerschap op de gezondheid van hun kinderen wijst niet op een associatie [6]. NRPB beoordeelt het onderzoek van Savitz dat een verband suggereerde tussen het gebruik van elektrische dekens tijdens de zwangerschap en hersentumoren bij de kinderen als methodisch zwak en niet te interpreteren [8]. IARC beoordeelt de studies op dit gebied als methodisch onvoldoende en inconsistent [6].

### **2.3.3 Langetermijneffecten bij volwassenen**

#### *Kanker*

Voor het gebruik van scheerapparaten en haarföhns werd geen verhoogd risico op leukemie gevonden [8]. IARC [6] heeft de studies naar een relatie tussen het gebruik van elektrische dekens en borstkanker op een rij gezet. De IARC conclusie is dat er geen significant verband bestaat tussen het voorkomen van borstkanker en het gebruik van elektrische dekens. Een Amerikaanse studie lijkt een zwakke associatie tussen prostaatcancer en het gebruik van een elektrische deken of waterbed aan te geven [20]. Een relatie tussen risico en duur van het gebruik werd echter niet gevonden.

De gebruikte reviews concluderen op grond van de bovenstaande en vele andere studies dat er geen consistente associatie is tussen blootstelling aan ELF-velden zoals die in en om het huis voorkomen en (enige vorm van) kanker bij volwassenen [6, 7, 8, 9]. Kanttekening daarbij is wel dat voor een groot aantal vormen van kanker, waaronder volgens IARC ook borstkanker, omvang en kwaliteit van de wetenschappelijke gegevens onvoldoende is om een mogelijke relatie goed te kunnen beoordelen.

#### *Miskramen*

Sinds 1995 is er uitgebreid onderzoek verricht naar het verband tussen het gebruik van elektrische dekens en miskramen. Hoewel in een aantal gevallen een verhoogd risico op

miskramen werd gevonden, waren de resultaten over het algemeen sterk variabel en inconsistent. Hierop concludeerde de ICNIRP in 2000 dat er geen verband bestaat tussen het gebruik van elektrische dekens en het krijgen van een miskraam [7].

In twee recente studies is een verband gevonden tussen de blootstelling van zwangere vrouwen, gemeten met een persoonsdosimeter, en de kans op een miskraam [21, 22]. Het risico op een miskraam nam toe met de sterkte van het magnetische veld vanaf een drempel van ongeveer 1,6 microtesla [21]. Deze associatie met de piekwaarden was sterker dan die met de 24-uurs gemiddelde waarde van het magnetische veld. Nader onderzoek zal het belang van dit onderzoek, ook voor de dosimetrie van blootstelling aan ELF-velden, duidelijk moeten maken.

#### *Cardiovasculaire ziekten (hart- en vaatziekten)*

Het verband tussen hart- en vaatziekten en ELF-velden is vooral onderzocht bij beroepsmatige blootstelling. De aanwijzingen voor een associatie tussen deze relatief hoge blootstellingsniveaus en cardiovasculaire ziekten zijn zwak [7]. Bovendien vinden recente studies geen verband tussen hartinfarcten en hartritmestoornissen en (beroepsmatige) blootstelling aan ELF-velden [7].

#### *Neurodegeneratieve ziekten (aandoeningen van het zenuwstelsel)*

Er is geen verband gevonden tussen blootstellingen aan ELF-velden in en om het huis en neurodegeneratieve ziekten zoals de ziekte van Parkinson en de ziekte van Alzheimer. Een verhoogd risico op deze aandoeningen is wel gevonden voor werknemers in de elektriciteitssector die aan hoge veldsterkten worden blootgesteld. Maar dit verhoogde risico zou ook veroorzaakt kunnen zijn door een hogere kans op elektrische schokken [7].

#### *Zelfdoding en depressies*

Het risico op zelfdoding en depressies is onderzocht, zowel voor beroepmatige als huiselijke blootstelling. In een meta-analyse concludeert Ahlbom [23] dat de onderbouwing van een associatie zwak is. ICNIRP vindt de resultaten moeilijk te interpreteren. NRPB beoordeelt de resultaten als inconsistent [7].

#### *Overige aandoeningen*

Bepaalde huidziekten kunnen door de ELF-velden bij beeldschermen worden verergerd, al veroorzaken deze ELF-velden de huidziekten zelf niet [7]. Een ander verband dat wel is gesuggereerd, tussen werken met monitoren en cataract, kon niet worden bevestigd [7].

## 2.4 Aspecifieke effecten

Soms worden aspecifieke gezondheidsklachten (hoofdpijn, vermoeidheid, duizeligheid, etc.) toegeschreven aan blootstelling aan elektrische en magnetische velden afkomstig van hoogspanningslijnen of elektrische apparatuur in huis. Het verschijnsel dat sommige mensen nadelige effecten op de gezondheid ondervinden in de buurt van bronnen van elektromagnetische velden wordt aangeduid met 'elektromagnetische hypersensitiviteit' of 'elektromagnetische overgevoeligheid' [24].

De aspecifieke effecten die aan elektrische en magnetische velden worden toegeschreven, zijn erg divers. Het ontbreken van duidelijke criteria bemoeilijkt het stellen van een medische diagnose door een huisarts of specialist.

Er wordt al jaren onderzoek gedaan naar een mogelijk oorzakelijk verband tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en specifieke effecten. Tot nu toe is er echter geen afdoende bewijs voor een oorzakelijk verband gevonden. De commissie ‘Elektromagnetische velden’ van de Gezondheidsraad beveelt aan om, vanwege de mogelijkheid dat er gevoelige subpopulaties bestaan, ook in Nederland onderzoek naar de gezondheidsklachten uit te gaan voeren. Ze stelt wel de voorwaarde dat de effecten objectiveerbaar moeten zijn [25].

## 2.5 Conclusies

Elektromagnetische (50 Hz) velden hebben een duidelijke interactie met cellen en weefsels. De veldsterkten die nodig zijn voor het induceren van kortetermijneffecten komen in de leefomgeving niet voor. Het wetenschappelijke onderzoek vindt geen consistente aanwijzingen voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur en langetermijneffecten zoals kanker.

Voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur en het optreden van specifieke gezondheidsklachten (hoofdpijn, vermoeidheid, duizeligheid, etc.) is geen bewijs. Maar de mogelijkheid dat sommige mensen extra gevoelig voor elektromagnetische velden zouden kunnen zijn, rechtvaardigt nader onderzoek.

## 3 Regelgeving voor huishoudelijke apparatuur

### 3.1 Inleiding

Enkele internationale instanties hebben aanbevelingen uitgebracht voor het beperken van de blootstelling van de bevolking aan elektrische, magnetische en elektromagnetische velden. De meest toonaangevende, ICNIRP, volgt kritisch de wetenschappelijke literatuur die betrekking heeft op alle onderdelen van de keten van bron tot en met het risico.

ICNIRP heeft een statement gepubliceerd over de algemene aanpak voor de bescherming tegen niet-ioniserende straling [26]. Dit statement geeft een overzicht van de samenhang tussen ICNIRP en de andere internationale adviserende en wetgevende instanties:

- de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- National Council on Radiation Protection (NCRP).

De werkzaamheden van ICNIRP leidden in 1998 tot de publicatie van de ICNIRP *Guidelines* [27]. De grenswaarden in die *Guidelines* zijn gebaseerd op goed gedocumenteerde effecten die tijdens of kort na blootstelling optreden. Met betrekking tot mogelijke langetermijneffecten beoordeelt ICNIRP de beschikbare studies als inconsistent en vaak kwalitatief onvoldoende. Daarom heeft ICNIRP geen grenswaarden voor langetermijneffecten afgeleid. Daarmee bieden de ICNIRP *Guidelines* strikt genomen alleen bescherming tegen kortetermijneffecten.

### 3.2 Europese regelgeving

In Europa werden de ICNIRP *Guidelines* door het neutrale en onafhankelijke Scientific Steering Committee (SSC) overgenomen [28]. Daarmee was de basis gelegd voor de Aanbeveling van de Raad van de Europese Unie uit 1999, hierna te noemen 'de EU-aanbeveling' [3]. Tijdens de zitting van de EU-volksgezondheidsraad van 8 juni 1999 heeft alleen Italië tegengestemd omdat het van mening was dat de aanbeveling te veel op wetenschappelijk onderzoek naar kortetermijneffecten is gebaseerd en onvoldoende rekening houdt met het voorzorgbeginsel en langetermijneffecten [29].

Het Europese Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) heeft enkele *opinions* uitgebracht [30, 31, 32], die bedoeld zijn als een herziening van de SSC-*opinion* uit 1998. Volgens deze *opinions* geven recente wetenschappelijke gegevens over langetermijneffecten als gevolg van elektromagnetische velden geen aanleiding tot herziening van de blootstellingslimieten in de EU-aanbeveling. Resultaten van onderzoek naar diverse langetermijneffecten zijn vaak inconsistent, niet reproduceerbaar of controversieel. De CSTEE is bovendien van mening dat een mogelijke interactie tussen elektromagnetische velden en andere fysische en chemische agentia nog onvoldoende is onderzocht.

De EU-aanbeveling heeft betrekking op de bescherming van leden van de bevolking. In navolging van de ICNIRP hanteert de EU de begrippen basisrestrictie en referentieniveau.

Basisrestricties zijn ‘... restricties op de blootstelling aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen...’, aldus de EU-aanbeveling. De waarden van ICNIRP zijn door de Europese Unie overgenomen. Het advies van de Gezondheidsraad over blootstelling aan elektromagnetische velden wijkt op enkele punten van de EU-aanbeveling af [9]. In Nederland worden omwille van de internationale afstemming de door de EU aanbevolen ICNIRP-waarden aangehouden in plaats van de, enigszins minder stringente, waarden van de Gezondheidsraad [33].

Omdat de basisrestricties niet altijd direct te meten of te berekenen zijn, heeft men voor de praktijk referentieniveaus afgeleid. ‘... Deze niveaus dienen bij de blootstellingsevaluaties in de praktijk om vast te stellen of de basisrestricties waarschijnlijk zullen worden overschreden. ...’, aldus de EU-aanbeveling. Als deze referentieniveaus niet worden overschreden, mag men er van uitgaan dat ook de basisrestricties niet worden overschreden. Als een referentieniveau wordt overschreden hoeven de basisrestricties nog niet overschreden te worden. Er dient dan een extra evaluatie te worden gemaakt om vast te stellen of aan de basisrestricties is voldaan.

De Europese Unie legt in het frequentiegebied tussen 0 en 300 Hz met betrekking tot de basisrestricties beperkingen op aan de stroomdichtheid, zie Tabel 1. Voor de precieze formules en tabellen betreffende de referentieniveaus wordt verwezen naar de EU-aanbeveling zelf [3].

*Tabel 1 Basisrestricties voor extreem-laagfrequente velden; bron: EU [3]*

frequentiegebied (Hz)	stroomdichtheid (f in Hz) (mA/m <sup>2</sup> )
> 0 – 1	8
1 – 4	8 / f
4 – 300	2

Bij de basisrestricties plaats de EU-aanbeveling de volgende twee opmerkingen:

- 1 De basisrestrictie voor de stroomdichtheid is bedoeld om te beschermen tegen acute blootstellingseffecten op weefsel van het centraal zenuwstelsel in hoofd en romp en bevat een veiligheidsfactor. Omdat de basisrestrictie betrekking heeft op schadelijke effecten op het centrale zenuwstelsel, kunnen evenwel hogere stroomdichtheden in ander lichaamsweefsel dan het centrale zenuwstelsel onder dezelfde blootstellingomstandigheden worden toegestaan.
- 2 Vanwege de elektrische inhomogeniteit van het lichaam dienen de waarden van de stroomdichtheid te worden gemiddeld over een doorsnede van 1 cm<sup>2</sup> loodrecht op de stroomrichting.

Voor velden met een frequentie van 50 Hz heeft ICNIRP de volgende referentieniveaus vastgesteld: 5 kV/m voor de elektrische veldsterkte (E-veld), 100 microtesla voor de magnetische fluxdichtheid (B-veld) en 80 A/m voor de magnetische veldsterkte (H-veld). In lucht komt 1 microtesla overeen met een magnetische veldsterkte van 0,796 A/m.



### 3.3 Normalisatie-activiteiten

#### 3.3.1 Laagspanningsrichtlijn

De EU-aanbeveling zelf heeft, als aanbeveling, geen wettelijke status. De Europese Unie echter heeft de normalisatie-instellingen CEN, CENELEC en ETSI het mandaat M/305 [34] gegeven om normen te ontwikkelen die betrekking hebben op elektromagnetische velden met frequenties tussen 0 en 300 GHz die worden uitgezonden door apparatuur vallend onder de Laagspanningsrichtlijn (*Low Voltage Directive*) [35]. Bij dat mandaat heeft de Europese Unie expliciet gevraagd om bij het ontwikkelen van die normen de grenswaarden van de EU-aanbeveling te gebruiken. Omdat de Laagspanningsrichtlijn wel een wettelijke status heeft, krijgen de basisrestricties en referentieniveaus uit de EU-aanbeveling via deze omweg een wettelijke verankering.

#### 3.3.2 Europese normalisatie

De Europese normalisatie-instellingen ontwikkelen naast basisstandaarden voor meet- en berekeningsmethoden vooral productstandaarden voor het op de markt brengen van apparatuur. Als een product aan die standaarden voldoet, zal de gemeten blootstelling van het menselijk lichaam onder normale omstandigheden de basisrestricties uit de EU-aanbeveling niet overschrijden. CEN, CENELEC en ETSI hebben het mandaat M/305 in maart 2001 formeel geaccepteerd. Voor Nederland verlopen de contacten via de commissie Elektromagnetische Velden van het Nederlands Electrotechnisch Comité (NEC-EMF) [36]. CENELEC publiceert Europese normen die door Nederland worden overgenomen en waarvan regelmatig in de Staatscourant melding wordt gemaakt [37].

#### 3.3.3 NEN-EN 50366

Producenten van apparatuur zijn minder geïnteresseerd in absolute veldsterktes, maar willen vooral weten of hun apparaat aan de normen voldoet. Om dit aan te tonen meten zij volgens een meetnorm, bijvoorbeeld EN 50366 [38]. Deze Europese standaard is opgesteld door CENELEC onder het mandaat M/305 van de Europese Unie.

De in NEN-EN 50366 vastgelegde methode meet over een breed frequentiegebied. Bij elke frequentie wordt de verhouding berekend tussen het gemeten B-veld en de referentiewaarde bij die frequentie. Deze verhoudingen worden over het frequentiegebied kwadratisch opgeteld tot een grootte  $W$ , de wortel uit de kwadratensom.

$$W = \sqrt{\left[ \sum \left( \frac{B_{\text{gemeten}}(f)}{B_{\text{referentie}}(f)} \right)^2 \right]}$$

Als  $W$  kleiner is dan 1 is volgens CENELEC zonder meer aan de EU-aanbeveling voldaan. Dan wordt voor geen enkele frequentie de referentiewaarde voor het B-veld overschreden. Maar ook als de  $W$  groter is dan 1 kan aan de EU-aanbeveling zijn voldaan. De EU-aanbeveling gaat namelijk uit van blootstelling van het gehele lichaam aan een homogeen magnetisch veld. Voor kleine apparatuur is het magnetische veld niet homogeen en meestal wordt slechts een klein gedeelte van het lichaam blootgesteld. Om voor dit verschil in blootstellingomstandigheden te corrigeren past NEN-EN 50366



apparaatspecifieke ‘koppelingsfactoren’ toe (Appendix A van de norm). De koppelingsfactor is een dimensieloze grootte kleiner dan 1, die kleiner wordt naarmate een kleiner gedeelte van het lichaam wordt blootgesteld of naarmate het veld sterker divergeert. Als het product van  $W$  en de koppelingsfactor kleiner is dan 1 is volgens CENELEC ook aan NEN-EN 50366 voldaan. De discussie over de koppelingsfactoren is nog niet afgerond. In het eerste amendement op EN-50366 is een groot aantal koppelingsfactoren gewijzigd. Voor het scheerapparaat bijvoorbeeld wordt voorgesteld de koppelingsfactor te verhogen van 0,12 naar 0,42.

Als het product van  $W$  en de koppelingsfactor groter blijft dan 1 kan nog aan de EU-aanbeveling zijn voldaan, maar dan moet met een stroomdichtheidsberekening worden aangetoond dat aan de basisrestricties is voldaan. De vigerende versie van NEN-EN 50366 bevat geen berekeningsmethode voor de stroomdichtheid in weefsel. Momenteel is er dus geen gevalideerde methode beschikbaar om compatibiliteit met de basisrestrictie aan te tonen. In EN-50366 prA1, het eerste amendement op NEN-EN 50366, wordt in Appendix F een aanzet voor zo’n berekening gegeven [39].

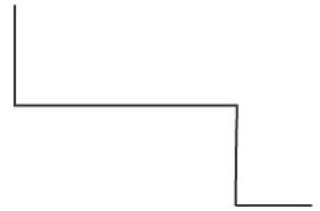
### 3.3.4 COST en EN 50366

Vanuit de ‘European co-operation in the field of scientific and technological research’ (COST, action 281) is er kritiek op de interpretatie van het EU-mandaat M/305 door CENELEC en op de door CENELEC in EN 50366 gekozen aanpak [40, 41, 42]. Volgens COST is het onjuist om een norm voor één apparaat af te leiden van ICNIRP-limieten die bedoeld zijn om de totale blootstelling van een lid van de bevolking te beperken. Als één apparaat al een blootstelling in de buurt van de ICNIRP-limiet oplevert, blijft er onvoldoende ruimte voor een andere blootstelling. Deze ‘andere blootstelling’ kan afkomstig zijn van hoogspanningslijnen, van bedrading binnenshuis, van andere apparatuur of van ‘extra’ blootstelling door een toename in het gebruik van elektrische apparatuur in de toekomst. De door CENELEC gekozen aanpak leidt er volgens COST vrijwel zeker toe dat de ICNIRP-limiet zal worden overschreden. Naast deze fundamentele kritiek heeft COST ook bezwaren tegen de door CENELEC gebruikte bepalingsmethode. Allereerst is de kwadratische sommatie van CENELEC in strijd met de door ICNIRP aangeraden lineaire sommatie. Verder gebruikt CENELEC een 2 maal zo lage geleidbaarheid voor weefsel. Tot slot geeft CENELEC geen validatie voor het gebruik van de koppelingsfactoren en geen indicatie van de onnauwkeurigheid in deze factoren.

### 3.3.5 Andere standaarden

Naast de CENELEC-aanpak is momenteel nog een aantal standaarden in ontwikkeling:

- prEN 50392 ‘Generic standard to demonstrate the compliance of electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)’;
- IEC 62233 ‘Measurement methods for low frequency magnetic and electric fields of domestic appliances with regard to human exposure’, versie 1.0, gepubliceerd 1 november 2005;
- IEC 62311 ‘Generic product standard to demonstrate the compliance of electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)’



### 3.4 Nederlandse wet- en regelgeving

De Laagspanningsrichtlijn is via het Warenwetbesluit elektrotechnische producten in de Warenwet geïmplementeerd [43]. Onder de eisen waaraan elektrotechnische producten volgens dit besluit moeten voldoen is vermeld: ‘bij gebruik overeenkomstig de bestemming en voldoende onderhoud mogen geen temperaturen, lichtbogen of stralingen optreden, die gevaar zouden veroorzaken’.

### 3.5 Conclusies

De Europese Unie heeft basisrestricties en referentieniveaus ter bescherming van leden van de bevolking aanbevolen. Via geharmoniseerde normen (de Laagspanningsrichtlijn) hebben deze beschermingsniveaus kracht van wet gekregen.

De manier waarop de referentieniveaus uit de EU-aanbeveling door CENELEC worden vertaald naar productnormen vormt een punt van discussie, vooral het gebruik van de koppelingsfactoren en cumulatie van verschillende bronnen.

De door de EU geadviseerde referentieniveaus voor de blootstelling van de bevolking zijn gebaseerd op effecten die op korte termijn kunnen optreden. Voor deze kortetermijneffecten geven de referentieniveaus afdoende bescherming. Voor de lange termijn kan niet worden uitgesloten dat blootstelling beneden de referentieniveaus tot gezondheidseffecten zou kunnen leiden.

Voor Nederland is de regelgeving voor huishoudelijke apparatuur vastgelegd in het Warenwetbesluit elektrotechnische producten.



## 4 Velden en blootstelling afkomstig van huishoudelijke apparatuur

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de sterkte van de elektrische en magnetische velden rond huishoudelijke apparatuur en de blootstelling aan deze velden geëvalueerd. Allereerst wordt ingegaan op de manieren waarop de groep van huishoudelijke apparatuur kan worden ingedeeld. Daarna worden de belangrijkste studies naar de veldsterkten in de buurt van huishoudelijke apparatuur besproken. Vervolgens is in kaart gebracht hoelang mensen aan die velden worden blootgesteld. Tot slot is op grond van de heersende veldsterkte op de plek van de blootstelling en de blootstellingsduur voor huishoudelijke apparatuur een schatting gemaakt van de (cumulatieve) blootstelling.

### 4.2 Indeling huishoudelijke apparatuur

Een eerste manier van indelen is gebaseerd op de locatie waar apparatuur wordt gebruikt: keuken, woonkamer, slaapkamer of badkamer. De plek waar de computer staat, wordt aangeduid met 'studeerkamer', ook als het een deel van de woonkamer of slaapkamer betreft. De apparatuur in de hobbysfeer wordt gebruikt in de 'hobbyruimte' (zolder, kelder, schuur of garage) of buiten in de tuin, op het balkon of op het dakterras.

Op deze manier is de groep 'huishoudelijke apparatuur' in zeven subgroepen in te delen (Tabel 2). Per groep is als voorbeeld de meest gebruikte apparatuur vermeld.

Tabel 2 Indeling van 'huishoudelijke apparatuur'

nr.	locatie	voorbeelden
1	keuken	koelkast, vriezer, afzuigkap, wasmachine, centrifuge, wasdroger, vaatwasser, elektrische boiler, strijkijzer, elektrisch kooktoestel, broodrooster, keukenmachine, mixer, magnetron, inductie-oven, waterkoker, elektrische blikopener, koffiezetapparaat
2	woonkamer	elektrische radiator, stofzuiger, HiFi apparatuur, DVD-speler, televisie, video/DVD-recorder
3	slaapkamer	elektrische wekker(radio), elektrische deken, waterbed, televisie
4	badkamer	scheerapparaat, haardroger, elektrische tandenborstel, straalkachel
5	studeerkamer	PC, printer, kopieerapparaat, scanner, fax, modem, telefoontoestel (draadloos (DECT), GSM)
6	hobbyruimte	(schroef)-boormachine, slijpmachine, schuurmachine, elektrische zaag, elektrische schaaf, lasapparaat, soldeerbout
7	'buiten'	heggenschaar, kettingzaag, grasmaaier

Een tweede indeling gaat uit van de afstand waarop apparatuur meestal wordt gebruikt of de afstand waarop blootstelling kan plaatsvinden:

- kleine apparatuur die direct op of dicht bij het lichaam wordt gebruikt (haardroger, scheerapparaat, elektrische tandenborstel, boormachine, elektrische deken)
- wat grotere mobiele apparatuur met hoog vermogen die verder van het lichaam wordt toegepast (stofzuiger, grasmaaier)
- grote apparatuur die op een vaste plaats staat en die zich tijdens gebruik op enige afstand van het lichaam bevindt. Bij deze apparatuur is de ELF-bron (motor en/of verwarming) meestal achterin en onderin het apparaat gemonteerd (koelkast, vaatwasser, wasmachine, diepvriezer).

Huishoudelijke apparatuur kan ook worden ingedeeld naar gebruiksduur. In de circulaire van het Ministerie van VROM [44] worden drie categorieën onderscheiden (zie Tabel 3).

Tabel 3 Gebruiksduur van veel gebruikte huishoudelijke apparatuur

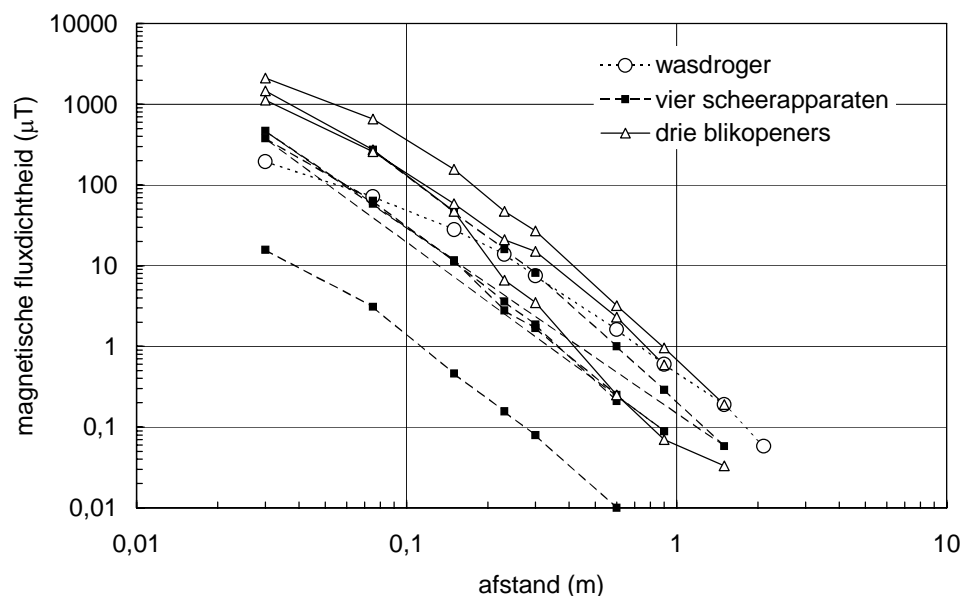
gebruiksduur (gemiddelde per dag)	apparaat
minder dan 15 minuten	boormachine broodrooster haardroger koffiezetapparaat magnetron mixer oven scheerapparaat
tussen 15 en 60 minuten	fornuis stofzuiger strijkijzer vaatwasser wasdroger wasmachine
meer dan 60 minuten	elektrische deken televisie koelkast

### 4.3 Elektrische en magnetische velden

Omdat de netspanning bij het gebruik van huishoudelijke apparatuur laag is zijn er geen sterke elektrische velden te verwachten. Bovendien worden deze elektrische velden sterk door de behuizing van het apparaat afgeschermd. Daarom richt deze studie zich op de magnetische velden. Magnetische velden kunnen worden gemeten met drie loodrecht op elkaar staande spoeltjes. Elk spoeltje meet een component van de magnetische fluxdichtheid  $B$ . De grootte van de magnetische fluxdichtheid volgt dan uit:

$$B = \sqrt{(B_x^2 + B_y^2 + B_z^2)}$$

Deze magnetische fluxdichtheid wordt vaak 'sterkte van het magnetische veld' genoemd. Typische meetafstanden zijn 3, 5, 30, 50 en 100 cm van het oppervlak van een apparaat. Hoge veldsterkten zijn te verwachten bij apparatuur die een motor, een transformator of een verwarmingselement bevat (zie bijvoorbeeld het Doll-rapport [8]). In verhouding tot de afstand waarop blootstelling plaatsvindt, zijn de bronnen van het magnetisch veld meestal klein. Daarom neemt de veldsterkte snel af met toenemende afstand; op korte afstand met  $1/r^2$  en vanaf 10-25 cm in goede benadering met  $1/r^3$ , zoals uit de studie van Gauger blijkt [45]: zie Figuur 1.



Figuur 1 Afname van de magnetische fluxdichtheid met de afstand voor huishoudelijke apparatuur (gebaseerd op Gauger [45])

Ook in de inventarisatie van blootstellingsniveaus van niet-ioniserende straling die in België is uitgevoerd, wordt deze afname van de veldsterkte met  $1/r^3$  gerapporteerd [46].

Een complicerende factor is dat veldsterktemetingen in de Verenigde Staten worden uitgevoerd bij een netspanning van 110 V en frequentie van 60 Hz. Om hetzelfde nuttige vermogen te leveren bij deze netspanning zal de stroom door het apparaat ruwweg twee maal zo hoog zijn, wat tot een sterker magnetisch veld leidt. Dit wordt bevestigd door de NRPB/HSE [47]. Dit rapport vergelijkt de Europese studie van Tofani uit 1995 [48] met metingen van Gauger [45] uit 1985 in de Verenigde Staten. Voor boormachines die in Europa worden gebruikt, is het magnetische veld ongeveer 6 keer zo laag vergeleken met hun Amerikaanse equivalent. Voor scheerapparaten worden zelfs tot 10 maal lagere veldsterkten gevonden. Europese en Amerikaanse metingen zijn daarom niet goed vergelijkbaar.

De referentiewaarden volgens ICNIRP voor de bevolking, blootgesteld aan 60 Hz, zijn iets lager dan voor de Europese bevolking (blootgesteld aan 50 Hz): 83 microtesla voor 60 Hz versus 100 microtesla voor 50 Hz in Europa.

Een tweede complicerende factor vormt de voortschrijdende technische ontwikkeling. Veel apparatuur, zoals het scheerapparaat en de boormachine, die vroeger direct met een

stekker vanuit het lichtnet werd gevoed werkt tegenwoordig op oplaadbare accu's, los van het lichtnet. Daardoor zullen de magnetische velden in het frequentiegebied van 50-60 Hz veel lager zijn. Bovendien is ook de techniek van deze apparatuur vaak ingrijpend gewijzigd. Naar verwachting nemen de magnetische velden tijdens gebruik dicht bij het lichaam hierdoor af. Ook Wilson [49] concludeert dat, hoewel een goede vergelijkende meetserie ontbreekt.

De meeste studies meten direct de sterkte van het magnetische veld bij de frequentie van de netspanning (of in een klein frequentiegebied daar omheen). Op basis van deze veldsterkte kan apparatuur onderling worden vergeleken of kan een vergelijking worden gemaakt met een referentiewaarde, bijvoorbeeld uit de EU-aanbeveling [3] voor die frequentie.

## 4.4 Veldsterkten

De afgelopen twee decennia zijn uitgebreide meetstudies naar magnetische velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur verschenen [45, 50, 51]. Daarnaast zijn er nog studies verricht die meer specifiek één of enkele soorten apparatuur hebben geëvalueerd [48, 49, 52]. Vooral de resultaten van de studie van Gauger [45] zijn overgenomen in diverse (beleids)studies, ook omdat de oorspronkelijke meetgegevens in het kader van het EMF Research and Public Information Dissemination (EMF RAPID) programma in de Verenigde Staten via internet beschikbaar zijn gesteld [53]. De gegevens voor magnetische velden bij huishoudelijke apparatuur in de circulaire van het Ministerie van VROM komen van Gauger. Ook het overzicht van blootstelling van de bevolking aan niet-ioniserende straling voor België uit 2004 [46] gebruikt in essentie de data van Gauger. Het Duitse *Bundesamt für Strahlenschutz* heeft de data van Gauger als 'representatieve waarden' op haar website staan [54]. Ook de WHO baseert de informatie op haar website [55] op Gauger, overigens met doorverwijzing naar het Duitse *Bundesamt für Strahlenschutz*. De *Belgian Bioelectromagnetic Group*, een samenwerkingsverband van 9 onderzoeksinstituten, heeft ook de data van Gauger op haar website staan [56]. In Nederland is de voorlichting over elektromagnetische velden vanuit Milieu Centraal, een landelijke organisatie die consumenten praktische milieu-informatie biedt, op de gegevens van Gauger gebaseerd [57].

Het Doll-report [8] en de IARC-monograph [6] gaan uit van een recentere studie van Preece uit het Verenigd Koninkrijk [50]. Ook door Farag [51] is een uitgebreide vergelijkende studie naar huishoudelijke apparatuur gepubliceerd. Tabel 4 geeft een vergelijkend overzicht van de gemeten magnetische veldsterkten voor een twintigtal veelgebruikte apparaten, afgeleid uit de studies van Gauger, Preece en Farag.

Op hoofdlijnen stemmen de gepubliceerde metingen in Tabel 4 overeen, al maakt het feit dat steeds bij verschillende afstanden wordt gemeten een goede vergelijking lastig. Gegevens over elektrische deken en waterbed ontbreken in bovengenoemde studies. De elektrische deken kan op een lage instelling gedurende de gehele nacht worden gebruikt of op een hogere stand om het bed alleen op te warmen. Hatch schat een veldsterkte van 2,2 microtesla op de deken [17]. Verschaeve meet 1,3-2,3 microtesla in de opwarmstand en 0,6 microtesla in de doorslaapstand [46]. Voor het waterbed ligt de gemiddelde veldsterkte lager. Verschave meet een waarde van 0,04 microtesla [46].

Tabel 4 Gegevens over magnetische velden bij huishoudelijke apparatuur ontleend aan Gauger, 1985 [45], Preece, 1997 [50] en Farag, 1998 [51]

apparaat	magnetische veldsterkte in microtesla als functie van de afstand in meter					
	0,03 Gauger	0,05 Preece	0,3 Gauger	0,5 Preece	0,5 Farag	1,0 Preece
boormachine	430-810		2,8-3,4			
cv pomp		61,1		0,51		0,10
elektrisch mes		27,03		0,12		0,02
haardroger	6-2110	17,44	0,1-7,0	0,12	0,01-2	0,02
keukenmachine		12,84		0,23	0,3-4,5	0,04
koelkast	0,6-1,6	0,21	0,1-0,3	0,05	0,02-1,5	0,02
koffiezetapparaat	2-27	0,57	0,08-0,13	0,06	0,05-0,15	0,02
mixer	47-670	69,9	0,5-10,6	0,69	0,2-1,0	0,11
scheerapparaat*	16-1560	165	0,1-8,9	0,84	0,04-3,0	0,12
stereotoren		1,56		0,08		0,02
stofzuiger	210-840	39,5	2,0-14,5	0,78	0,65-10	0,16
strijkijzer	8,6-31	1,84	0,12-0,33	0,03	0,06-0,3	0,01
televisie	2,4-53	2,69	0,04-1,9	0,26	0,04-1,5	0,07
vaatwasmachine	3,6-21	5,93	0,6-2,6	0,8	0,25-1,5	0,23
ventilator	1,8-31	0,2	0,03-3,4	0,5	0,02-3,0	0,08
video		0,57		0,06		0,02
wasdroger	0,3-7,8		0,08-0,27			
wasmachine	0,8-40	7,73	0,15-2,7	0,96	0,05-0,3	0,27
wekkerradio		5,0		0,04	0,02-1,0	0,01

\* waarschijnlijk verouderde technologie

De waarde van 100 microtesla uit de EU-aanbeveling kan dichtbij enkele apparaten (scheerapparaat, haardroger, boormachine, stofzuiger) worden overschreden. Deze apparatuur is ontworpen om op of dicht bij het lichaam te gebruiken (scheerapparaat, haardroger) of bevindt zich tijdens gebruik vaak dicht bij de gebruiker (boormachine, stofzuiger). Of de genoemde apparatuur ook de basisrestrictie uit de EU-aanbeveling overschrijdt kan op dit moment niet worden beoordeeld. Momenteel is er geen gevalideerde rekenmethode beschikbaar om dat aan te kunnen tonen en er zijn ook geen berekeningen voor deze apparatuur gepubliceerd.

Voor alle apparatuur waar overschrijding mogelijk is, geldt dat ze slechts kortdurend (van 4 tot 12 minuten per etmaal) wordt gebruikt. Op grotere afstanden (meer dan 30 cm) vindt bij huishoudelijke apparatuur geen overschrijding van de 100 microtesla plaats. Als de afstand tot het apparaat meer dan een meter is komt de veldsterkte nergens boven 0,3 microtesla uit. Voortschrijdende technologie kan de magnetische velden rond de apparatuur reduceren. Metingen door Philips aan verouderde scheerapparaten uit 1970, 1985 en aan apparaten die nu op de markt komen, bevestigen deze veronderstelling [58]. Voor de exemplaren uit 1970 en 1985 bleek de sterkte van het magnetische veld op het oppervlak van het apparaat bij 50 Hz circa 260 microtesla. De magnetische veldsterkte op een 'state-of-the-art' scheerapparaat, met oplaadbare batterijen, bleek bij 50 Hz beneden de 1 microtesla te liggen. Een dergelijke ontwikkeling tekent zich ook af bij de elektrische klok/wekkerradio. Bij analoge klokken en ook bij sommige digitale wordt een kleine elektromotor gebruikt om de wijzers (of de digits) te verzetten. Uit de studie van Behrens [66] valt af te leiden dat rond 2000 in Duitsland ongeveer 25% van de klokken/wekkers

motoraangedreven is. In de nabijheid van deze klokken kunnen relatief sterke velden heersen. Behrens schat 0,74 microtesla op 40 cm, Preece 5 microtesla op 5 cm afstand en Kaune 1,8 microtesla op 10 cm. Voor elektronische (motorloze) klokken zijn de velden lager: 0,3 microtesla op 10 cm afstand (Kaune,[52]). Behrens beoordeelt de bijdrage van de motorloze klokken/wekkers aan de totale dosis als niet relevant.

Over hoeveel mensen bovenstaande apparatuur gebruiken, is weinig informatie beschikbaar.

## 4.5 Blootstellingsduur

De sterkte van het magnetische veld in de buurt van gebruiksartikelen en duur van de blootstelling bepalen uiteindelijk de totale (cumulatieve) blootstelling. Onderstaande studies geven in aanvulling op de door het Ministerie van VROM gebruikte indeling (zie paragraaf 4.2 ) een preciezere schatting van gebruiks- of blootstellingsduur (Tabel 5).

Tabel 5 Blootstellingsduur voor huishoudelijke apparatuur

apparaat	gemiddelde blootstellingsduur (in uren per etmaal)			
	Behrens [66]	Mezei [59]	Preece [60]	Mader [61]
boormachine	-	-	-	0,11
elektrisch mes	-	-	0,01	-
haardroger	0,13	0,12	0,13	0,13
keukenmachine	-	-	0,01	-
koelkast	-	-	0,46	10,97 <sup>2</sup>
koffiezetapparaat	-	0,2	-	0,22
mixer	-	-	0,02	0,26
scheerapparaat	-	0,05	-	0,08
stereotoren	-	-	0,16	-
stofzuiger	-	-	0,21	0,16
strijkijzer	-	-	-	0,40
televisie	1,29	-	1,31	4,94
vaatwasmachine	-	-	0,38	0,46
ventilator	-	-	-	1,14
wasdroger	-	-	-	0,55
wasmachine	-	-	0,49	0,53
wekkerradio	8	-	7,88	-

De gepubliceerde gegevens stemmen, op die voor de televisie na, redelijk overeen. Gegevens voor waterbed en elektrische deken ontbreken. Voor het waterbed is een blootstellingsduur van ongeveer 8 uur per etmaal aannemelijk. Voor de elektrische deken ligt de situatie gecompliceerder omdat een gedeelte van de gebruikers de deken uitzet bij het naar bed gaan. Zheng [62] schat dat ongeveer eenderde van de gebruikers de deken slechts voor voorverwarming gebruikt. Gammon [63] concludeert dat ongeveer 20% van de gebruikers de deken uitzet als ze naar bed gaan. Op basis van deze twee studies wordt aangenomen dat 25% van de gebruikers de elektrische deken uitsluitend als

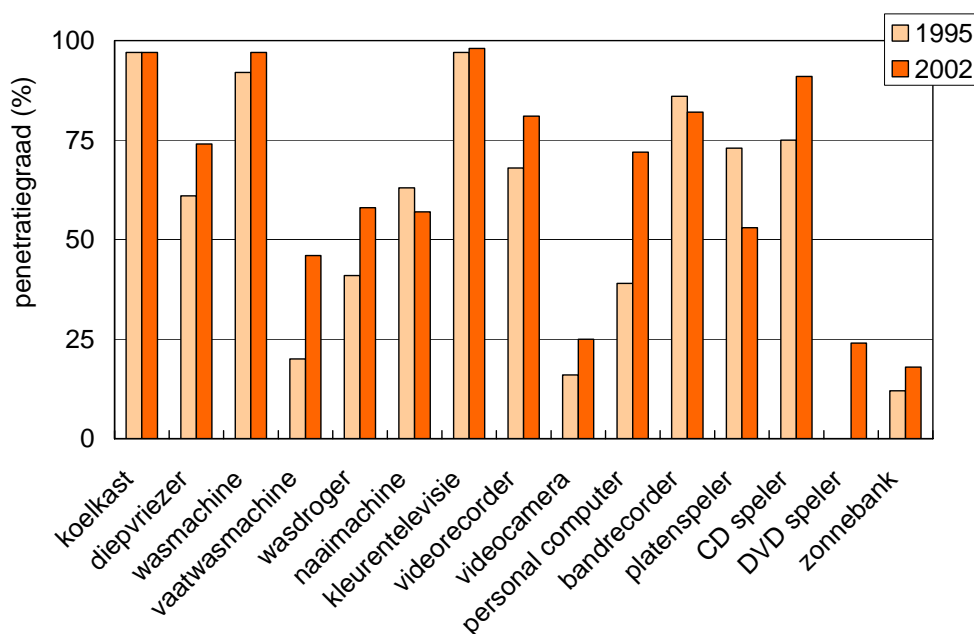
<sup>2</sup> Mader geeft hier niet de blootstellingsduur, maar de tijd dat het apparaat effectief koelt.



voorverwarming gebruiken. Een gemiddelde slaapduur van 8 uur komt dan in de groep van gebruikers van een elektrische deken neer op een gemiddelde effectieve blootstellingsduur van 6 uur per etmaal.

## 4.6 Penetratiegraad

Tot slot is het voor een indicatie van de blootstelling van de bevolking van belang in hoeveel huishoudens bepaalde apparatuur wordt gebruikt. Het CBS evalueert periodiek deze zogenaamde penetratiegraad. In Figuur 2 is de penetratiegraad voor een vijftiental huishoudelijke apparaten over de periode 1995-2002 weergegeven.



Figuur 2 Verandering in de penetratiegraad van huishoudelijke apparatuur over de periode 1995-2002 volgens het CBS [64]

Voor sommige apparatuur (koelkast, wasmachine, kleurentelevisie) is de marktpenetratie vrijwel 100%. Voor de meeste apparatuur neemt de marktpenetratie toe over de periode 1995-2002. Tot slot neemt ook het aantal verschillende apparaten dat wordt gebruikt nog steeds toe.

## 4.7 Blootstelling

### Dosismaat

Er is geen geaccepteerd mechanisme dat beschrijft hoe blootstelling aan 50 Hz elektromagnetische velden tot schadelijke gezondheidseffecten op de lange termijn (dus niet de goed bekende kortetermijneffecten waar de referentieniveaus op zijn gebaseerd) zou kunnen leiden. Daarom is ook niet aan te geven welke blootstellingsparameter (dosismaat) bepalend is. In zijn studie analyseert Neutra mogelijke keuzes voor een dosismaat [65]. Omdat op basis van de beschikbare gegevens een onderbouwde keuze niet mogelijk is gaat men er meestal van uit dat de cumulatieve dosis – gedefinieerd als de

magnetische veldsterkte maal de duur van de blootstelling – de beste indicatie geeft. Het maakt dan niet uit of de dosis ontstaat door kortdurende hoge blootstelling of door blootstelling aan lage veldsterkten gedurende een langere periode. Deze veronderstelling impliceert eveneens een lineaire dosis-effect relatie die tot zeer lage doses geldig is. Met andere woorden er is geen grenswaarde voor de magnetische veldsterkte waaronder het biologische effect niet meer optreedt. Niet alle onderzoeken steunen deze veronderstelling. In de studie van Li [21, zie paragraaf 2.3.3] naar het risico op miskramen blijkt de kans op een miskraam niet sterk gecorreleerd met de gemiddelde sterkte van het magnetische veld waaraan zwangere vrouwen waren blootgesteld. Wel is er een duidelijke correlatie met het aantal keren dat de magnetische veldsterkte boven de 1,6 microtesla kwam. Als zo'n verband consistent zou blijken, is dat ook van belang voor blootstelling door huishoudelijke apparatuur. Daar is de gemiddelde blootstelling over een dag laag, maar kan dicht bij het apparaat kortdurende blootstelling aan sterke velden voorkomen. Voor een beter inzicht in de invloed van de aard van de blootstelling op gezondheidseffecten is nader onderzoek nodig, zoals ook de Gezondheidsraad in het 'jaabericht 2003' [11] concludeert.

In dit rapport wordt voorlopig ervan uitgegaan dat de cumulatieve dosis maatgevend is. Dat betekent dat niet per se het apparaat met het sterkste veld, zoals een scheerapparaat van belang is. Ook apparatuur met relatief zwakke velden, waaraan de gebruiker langdurig wordt blootgesteld (wekkerradio, elektrische deken) kan aanzienlijk aan de blootstelling bijdragen. De op deze manier gekozen blootstelling wordt uitgedrukt in microtesla.uur.

#### *Cumulatieve blootstelling*

Recente publicaties inventariseren de cumulatieve blootstelling door huishoudelijke apparatuur, gedurende een jaar of gedurende het gehele leven [66, 59].

Mezei [59] heeft 8 'sleutelapparaten' gekozen die in de Verenigde Staten veel worden gebruikt: haardroger, scheerapparaat, magnetron, elektrische oven, elektrische blikopener, elektrische koffiemolen, koffiezetapparaat en elektrische deken. Gedurende 24 uur hebben 162 proefpersonen bijgehouden waar ze zich bevonden en welk van de sleutelapparaten (aangevuld met computers en mobiele telefoons) ze gebruikten. Parallel aan deze registratie is de blootstelling aan 60 Hz magnetische velden gemeten met een EMDEX-batch die aan een koord om de hals werd gedragen.

Als de penetratiegraad van de apparaten en de gebruiksduur binnen de groep wordt verrekend blijken de 10 apparaten uit Tabel 6 verantwoordelijk voor ruim 13% van de cumulatieve groepsblootstelling aan 60 Hz magnetische velden. De bijdrage van de computer was met 8,6% veruit het grootste. Deze methode is niet (apparaat)specifiek. De EMDEX-batch registreert de totale veldsterkte. Die bestaat niet alleen uit de veldsterkte afkomstig van het in gebruik zijnde apparaat maar bevat ook de achtergrondveldsterkte afkomstig van overige apparatuur, bedrading, hoogspanningslijnen, etc. Een tweede nadeel van deze methode is dat door de keuze van een vast meetpunt op borsthoogte de werkelijke veldsterkte op een andere plaats, bijvoorbeeld in het hoofdgebied, voor scheerapparaat, haardroger en mobiele telefoon, aanzienlijk hoger zal zijn.

Tabel 6 Gemiddelde magnetische veldsterkten voor een tiental huishoudelijke apparaten gemeten met een EMDEX-batch bij een netfrequentie van 60 Hz

Magnetische veldsterkte bij 60 Hz gemeten op de borst, tijdens gebruik van het apparaat	Apparaat
> 0,6 microtesla	magnetron koffiemolen
0,4 – 0,6 microtesla	scheerapparaat
0,2 – 0,4 microtesla	haardroger
< 0,2 microtesla	computer elektrische oven koffiezetapparaat mobiele telefoon elektrische blikopener elektrische deken

Behrens [66] koos voor een apparaatspecifieke aanpak. In een groep van ruim 3.000 Duitse consumenten inventariseerde hij hoeveel minuten per dag en gedurende hoeveel jaar bepaalde apparatuur wordt gebruikt. Met behulp van literatuurgegevens voor de magnetische veldsterkte op gebruiksafstand, is daaruit de (levenslange) groepsblootstelling in microtesla.uur bepaald. In totaal werden 6834 apparaten (magnetron, haardroger, elektrische klok/wekker, elektrische deken, waterbed, televisie, computer en naaimachine) geëvalueerd. Deze bleken gezamenlijk voor de gehele studiegroep een cumulatieve, levenslange blootstelling van 13,8 miljoen microtesla.uur op te leveren. De elektrische wekker met wijzers leverde veruit de hoogste groepsblootstelling (7,7 miljoen microtesla.uur) gevolgd door de digitale wekkerradio<sup>3</sup> (2,9 miljoen microtesla.uur), de elektrische deken (1,7 miljoen microtesla.uur) en de televisie (0,5 miljoen microtesla.uur). Met een elektromotor aangedreven uurwerken leveren dus een bijdrage van meer dan 75% aan de cumulatieve blootstelling van deze groep consumenten. De persoonlijke blootstelling voor een gebruiker van zo'n klok loopt gedurende 10 jaar op tot 21.608 microtesla.uur. De computer die in de studie van Mezei veruit de belangrijkste bijdrage leverde valt bij deze manier van blootstellingsbepaling in het niet bij de elektrische klok en de elektrische deken. In Behrens' studie wordt er geen rekening mee gehouden dat sommige apparatuur zoals de haardroger een klein gedeelte van het lichaam blootstelt, terwijl bijvoorbeeld bij een waterbed het gehele lichaam wordt blootgesteld.

Met de gegevens uit Tabel 4 en Tabel 5 kan worden geschat wat de cumulatieve blootstelling voor een periode van 10 jaar is. Een verouderd elektrisch scheerapparaat resulteert in een cumulatieve 10-jaarsdosis van ruim 170.000 microtesla.uur, op basis van een blootstelling aan 800 microtesla, 7 dagen per week gedurende 3,5 minuten per dag. Voor een scheerapparaat dat net aan NEN-EN 50366 voldoet (maximale magnetische veldsterkte 100 microtesla) zou de cumulatieve 10-jaars blootstelling ruim 21.000 microtesla.uur bedragen. Voor een 'state-of-the-art' scheerapparaat bedraagt de veldsterkte minder dan 1 microtesla [58] en de cumulatieve 10-jaars blootstelling minder

<sup>3</sup> Net als de elektrische wekker met wijzers worden bij dit type wekkerradio de digits aangedreven door een elektromotor

dan 210 microtesla.uur. Het gebruik van een haardroger leidt tot een cumulatieve 10-jaars dosis van 4.750 microtesla.uur, uitgaande van een geschatte magnetische veldsterkte op gebruiksafstand van 10 microtesla en een gebruik van 0,13 uur per etmaal. Deze schattingen zijn niet gecorrigeerd voor inhomogeniteiten in het magnetische veld of voor het relatief kleine gedeelte van het lichaam dat wordt blootgesteld. De gebruiker van een elektrische deken blijkt over een periode van 10 jaar te worden blootgesteld aan 13.150 microtesla.uur (veldsterkte 0,6 microtesla gedurende 6 uur, zie paragraaf 4.5). De Vlaamse organisatie VITO ontraadt daarom uit voorzorg het gebruik van elektrische dekens door kinderen en adviseert volwassenen het gebruik te beperken [46].

#### *Blootstelling apparatuur en omgeving*

De bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de ELF-blootstelling van een lid van de bevolking hangt sterk af van de omstandigheden. Schattingen over het relatieve belang van huishoudelijke apparatuur voor de cumulatieve blootstelling lopen sterk uiteen. Behrens schat dat in Duitsland ongeveer 1/3 van de totale blootstelling aan 50 Hz ELF-velden veroorzaakt wordt door het gebruik van elektrische apparatuur, 1/3 door bronnen buiten de woning en 1/3 door onvolkomenheden in de elektrische huisinstallatie [66]. Ook Preece schat dat ongeveer 1/3 (0,023 microtesla van de 0,067) afkomstig is van huishoudelijke apparatuur [67]. Een heel andere schatting is afkomstig van Maslanyi [68]. Hij analyseerde de bronnen in woningen uit een Brits epidemiologisch onderzoek naar kanker [69] waar de magnetische veldsterkte de 0,2 microtesla oversteeg. Volgens zijn metingen is in deze woningen slechts 3% van de blootstelling afkomstig van huishoudelijke apparatuur, ruim 20% van het hoogspanningsnet en de rest van het laagspanningsnet. Deze lage bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de blootstelling komt omdat Maslanyi meet op een vaste plek centraal in de woonkamer, minstens 1 meter verwijderd van alle in werking zijn apparatuur.

Door een andere opzet kunnen de resultaten met betrekking tot de relatieve bijdrage van apparatuur aan de cumulatieve blootstelling sterk verschillen. De gegevens wijzen er op dat huishoudelijke apparatuur ongeveer 1/3 van de totale cumulatieve blootstelling veroorzaakt.

## 4.8 Conclusies

#### *Kwaliteit van de gegevens*

Op basis van de overzichtsstudies naar velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur is het moeilijk een helder beeld te vormen van de actuele situatie in Nederland. Allereerst zijn de meest complete overzichtsstudies opgesteld tussen 1985 en 1998 en daarom - in een markt waar de technische ontwikkeling snel gaat - verouderd. Voor enkele toepassingen (scheerapparaat, boormachine) zijn de magnetische velden de afgelopen jaren waarschijnlijk gereduceerd. Daarnaast is een deel van de studies opgesteld in de Verenigde Staten waar spanning en frequentie anders zijn dan in Nederland en de rest van Europa. De magnetische veldsterkten uit deze Amerikaanse studies zijn hoger dan in Europa. Er is geen publicatie met overzichtgegevens beschikbaar voor de apparatuur die in 2005 op de Nederlandse markt verkrijgbaar is. In de 'grijze' literatuur zijn er wel meetrapporten voor individuele apparaten en omgevingsmetingen in woningen en op werkplekken. Maar ook hieruit is geen compleet overzicht te destilleren.

De studie van Gauger [45] is inmiddels 20 jaar oud en zijn gegevens zijn niet direct met de Europese situatie te vergelijken. Desondanks is de informatie van de overheid en

daaraan gelieerde organisaties over elektromagnetische velden in de buurt van gebruiksartikelen en huishoudelijke apparatuur in Nederland, België en Duitsland voornamelijk gebaseerd op deze studie.

#### *Typische waarden en overschrijding referentieniveaus*

Ondanks de verschillen in opzet zijn de resultaten van de overzichtsstudies met betrekking tot de veldsterkten in de buurt van huishoudelijke apparatuur vergelijkbaar. De magnetische veldsterkte varieert afhankelijk van het type apparaat op 50 cm afstand tussen de 0,02 en 4,5 microtesla. Dichtbij de apparatuur neemt de veldsterkte sterk toe, soms wel tot boven de 2000 microtesla op 3 cm afstand. Soms wordt apparatuur bedoeld of onbedoeld dicht op het lichaam gebruikt. In enkele situaties kan bij normaal gebruik het referentieniveau voor 50 Hz elektromagnetische velden uit de EU-aanbeveling worden overschreden. Het gaat daarbij om verouderde scheerapparaten, haardrogers, boormachines en stofzuigers. Of voor deze apparatuur ook de basisrestricties in de EU-aanbeveling wordt overschreden, kan momenteel niet worden beoordeeld omdat er geen gevalideerde berekeningsmethode beschikbaar is. Voor al deze apparatuur geldt dat ze slechts kortdurend (van 4 tot 12 minuten per etmaal) wordt gebruikt, door een gedeelte van de bevolking en dat slechts een relatief klein gedeelte van het lichaam aan het sterke veld wordt blootgesteld. Voor scheerapparaat en boormachine heeft de recente technologische ontwikkeling – van voeding direct vanuit het lichtnet naar een accu voeding – waarschijnlijk tot een aanzienlijke reductie van de elektromagnetische velden heeft geleid.

Nieuwe apparatuur moet sinds augustus 2003 aan de laagspanningsrichtlijn voldoen. Compatibiliteit wordt aangetoond met de in NEN-EN 50366 aangeven meet- en berekeningsmethode. Vanwege het gebruik van niet gevalideerde koppelingsfactoren en mogelijke cumulatie van velden afkomstig van verschillende bronnen, betekent dat niet zonder meer dat ook aan de EU-aanbeveling is voldaan. De wetenschappelijke discussie over de relatie tussen de EU-aanbeveling en NEN-EN 50366 is nog niet afgerond.

#### *Blootstelling*

De blootstelling van mensen aan elektromagnetische (50 Hz) velden in hun leefomgeving is zeer complex van aard. Blootstelling ontstaat door de bedrading in huis, door de elektrische apparatuur die in en om de woning wordt gebruikt en door externe bronnen (hoogspanningslijnen, transformatorhuisjes, elektriciteitsdistributienet). Enkele studies hebben geprobeerd de cumulatieve blootstelling door gebruiksartikelen en huishoudelijke apparatuur in kaart te brengen. Daarbij zijn twee invalshoeken mogelijk. Allereerst is geprobeerd de blootstelling aan een bepaald apparaat af te leiden uit de gedurende 24 uur gemeten persoonlijke blootstelling met een badge en een ‘dagboek’ waarin het gebruik van huishoudelijke apparatuur gedurende dat etmaal precies wordt geregistreerd. Een alternatieve aanpak is om via een enquête te achterhalen hoelang een apparaat gemiddeld per dag wordt gebruikt en hoeveel jaar iemand zo’n apparaat tijdens zijn leven gebruikt. Met de magnetische veldsterkten op gebruiksafstand zoals die gepubliceerd zijn, kan eveneens de cumulatieve blootstelling worden bepaald. Omdat er slechts enkele studies naar cumulatieve blootstelling zijn gedaan is er momenteel geen consistent beeld over welk apparaat nu de belangrijkste bijdrage levert. Behrens [66] schrijft de belangrijkste bijdrage toe aan klokken met elektromotor, terwijl de bijdrage van de computer verwaarloosbaar is. Volgens Mezei’s badge metingen [59] levert de computer veruit de belangrijkste bijdrage, maar Mezei heeft de klokken niet in zijn studie betrokken. Mezei meldt dat daarnaast ook scheerapparaten en elektrische dekens een substantiële bijdrage aan de cumulatieve blootstelling van de gebruiker leveren. Het is echter waarschijnlijk dat

in deze scheerapparaten van een verouderde technologie gebruik is gemaakt. Moderne scheerapparaten leveren een kleinere bijdrage.

*Bijdrage huishoudelijke apparatuur aan blootstelling*

De bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de totale blootstelling aan elektromagnetische (50 Hz) velden kan op grond van de literatuurgegevens worden geschat op ongeveer eenderde. Uiteraard hangt deze bijdrage sterk af van het scala aan apparatuur dat wordt gebruikt, bijvoorbeeld een klokje met een elektromotor of een elektrische deken.

## 5 Algemene conclusies

De aanbeveling van de Europese Unie voor blootstelling aan elektromagnetische velden biedt afdoende bescherming tegen kortetermijneffecten. Voor de lange termijn kan niet worden uitgesloten dat blootstelling beneden de referentieniveaus leidt tot gezondheidseffecten. Overigens blijkt uit wetenschappelijk onderzoek dat er geen aanwijzing is voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur en langetermijneffecten zoals kanker.

Een betrouwbaar en actueel overzicht van elektromagnetische (50 Hz) velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur zoals die in Nederland wordt gebruikt, ontbreekt.

Ondanks de tekortkomingen in de literatuurgegevens is het waarschijnlijk dat er voor sommige huishoudelijke apparatuur overschrijding van de EU-referentieniveaus plaatsvindt. Het betreft verouderde scheerapparaten, haardrogers, boormachines en stofzuigers. Of voor deze apparatuur ook de basisrestrictie uit de EU-aanbeveling wordt overschreden kan op dit moment niet worden beoordeeld. Technische ontwikkelingen hebben bij scheerapparaten waarschijnlijk tot reductie van de elektromagnetische velden geleid.

De informatie van de overheid en daaraan verbonden organisaties over elektromagnetische velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur in Nederland (en België en Duitsland) is gebaseerd op Amerikaanse gegevens van 20 jaar oud en passen niet bij de Europese situatie.

Voor huishoudelijke apparatuur die nu op de markt komt wordt volgens de door CENELEC in NEN-EN 50366 vastgestelde methode van evaluatie en meting aangetoond dat aan de Laagspanningsrichtlijn is voldaan. Deze methode van evaluatie en meting is onderwerp van wetenschappelijke controverse.

Er is weinig onderzoek gedaan naar de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen van 50 Hz elektromagnetische velden (apparatuur, bedrading, hoogspanningslijnen, vervoer) aan de cumulatieve blootstelling van personen. Bovendien zijn de resultaten van de studies door verschillen in aanpak niet goed vergelijkbaar. De beste schatting voor de bijdrage afkomstig van huishoudelijke apparatuur is dat deze circa eenderde deel van de totale blootstelling voor hun rekening nemen. Zowel regelmatige, kortdurende blootstelling aan apparatuur met sterke elektromagnetische velden (verouderd scheerapparaat, haardroger) als langdurige blootstelling aan apparatuur met relatief zwakke velden (elektrische wekker, elektrische deken) dragen substantieel bij.

## Bijlage 1 Lijst van afkortingen

CBS	Centraal Bureau voor Statistiek
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique / European Committee on Electrotechnical Standardisation
COST	European co-operation in the field of scientific and technological research
CSTEE	Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment
EHS	Elektromagnetische hypersensitiviteit
ELF	Extreem-laagfrequent
EMF	<i>Electromagnetic fields</i> , elektromagnetische velden
EMF-RAPID	EMF Research and Public Information Dissemination
ETSI	The European Telecommunications Standards Institute
EU	Europese Unie
GHz	Giga hertz (1 miljard Hertz)
Hz	Hertz, eenheid van frequentie (1/s)
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
NEC-EMF	Commissie Elektromagnetische Velden van het Nederlands Electrotechnisch Comité
NEN	Nederlands Normalisatie-instituut
NCRP	National Council on Radiation Protection
NRPB	National Radiological Protection Board, sinds 1 april 2005 Health Protection Agency (HPA)
RF	Radiofrequent
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SSC	Scientific Steering Committee (EU)
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VROM	Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
WHO	World Health Organisation



## Referenties

- 1 Minister van VWS, Brief aan de voorzitter van de Tweede Kamer met de notitie 'Gezondheid en milieu - Opmaat voor een beleidsversterking', Tweede Kamer, vergaderjaar 2001–2002, 28 089, nr. 1, 9 november 2001.
- 2 Verslag van een schriftelijk overleg, Tweede Kamer, vergaderjaar 2001–2002, 28 089, nr. 3, vastgesteld 13 juni 2002.
- 3 Raad van de Europese Gemeenschappen. 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, L 199/59, 1999.
- 4 Wertheimer N and Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1979; vol 109 (3):273-84.
- 5 World Health Organisation, International EMF Project. Zie <http://www.who.int/peh-emf/project/en/> voor een actuele stand van zaken (geraadpleegd december 2005).
- 6 Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields, IARC Monographs 80, IARC Press: Lyon (2002)
- 7 Consultation Document, Proposal for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (0-300 GHz), Chilton, Didcot: National Radiological Protection Board; 2003. Zie [http://www.nrp.org/radiation\\_topics/emf/index.htm](http://www.nrp.org/radiation_topics/emf/index.htm) voor een actuele stand van zaken.
- 8 Advisory Group on Non-ionising Radiation. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Documents of the NRPB: vol 12, No. 1. Chilton, Didcot: National Radiological Protection Board; 2001.
- 9 Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/6; ISBN: 90-5549-309-0.
- 10 Gezondheidsraad, Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2001. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/14; ISBN: 90-5549-379-1.
- 11 Gezondheidsraad, Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/01; ISBN: 90-554-510-7.
- 12 Gezondheidsraad. Extreem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 1992; 1992/07.
- 13 Reilly JP Applied bioelectricity. From electrical stimulation to electropathology. New York: Springer, 1998.
- 14 Preece A.W.; Wesnes K.A., and Iwi GR. The effect of a 50 Hz magnetic field on cognitive function in humans. *Int. J. Radiat Biol.* 1998 Oct; vol 74 (4):463-470.
- 15 Draper G, Vincent T, Kroll ME and Swanson J Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study *British Medical Journal*, June 2005, vol. 330 (7503): 1290-1295
- 16 Van der Plas M, Houthuijs DJM, Dusseldorp A, Pennders RMJ en Pruppers MJM. Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM rapport 610050007. RIVM, Bilthoven, 2001.
- 17 Hatch EE, MS Linet, RA Kleinerman et al. Association between childhood acute lymphoblastic leukemia and use of electrical appliances during pregnancy and childhood *Epidemiology*. May 1998 vol 9 (3): 234-245.

- 18 Dockerty JD, JM Elwood, DCG Skegg et al. Electromagnetic field exposures and childhood cancer in New Zealand. *Cancer Causes Control* 1998 May; vol 9 (3):299-309.
- 19 Savitz DA, H Wachtel, FA Barnes, EM John and JG Tvrdik. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-hertz magnetic fields. *Am J Epidemiol.* 1988 July, vol 128 (1):21-38.
- 20 Zhu K, NS Weiss, JL Stanford et al. Prostate cancer in relation to the use of electric blanket or heated waterbed. *Epidemiology.* 1999 January, vol 10 (1):83-5.
- 21 Li D, R Odouli, S Wi, T Janevic, I Golditch, TD Bracken, R Senior, R Rankin and R Iriye. A population based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology.* 2002 January, vol 13 (1):9-20.
- 22 Lee MG, RR Neutra, L Hristova, M Yost and RA Hiatt. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology.* 2002 January, vol 13 (1):21-31. Erratum in: *Epidemiology.* 2003 Mar;14(2):255.
- 23 Ahlbom A. Neurodegenerative diseases, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics* 2001; Suppl 5:S132-143.
- 24 Leitgeb N and Schröttner J. Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics.* 2003 Sep; 24(6):387-94.
- 25 Gezondheidsraad. Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden: Aanbevelingen voor onderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003; publicatie nr. 2003/03.
- 26 ICNIRP. General approach to protection against non-ionizing radiation. *Health Phys* 2002, vol 82 (4):540-8.
- 27 International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 1998, vol 74 (4):494-522.
- 28 SSC. Opinion on "Possible health effects from exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 300 Hz)". Report and opinion adopted at the meeting of the Scientific Steering Committee of 25-26 June 1998. Brussels: European Commission, DG Health and Consumer Protection, 1998.
- 29 Brief van de minister van VWS aan de Tweede Kamer met het verslag van de zitting van de EU Volksgezondheidsraad van 8 juni 1999 te Luxemburg. Tweede Kamer, vergaderjaar 1998-1999, 21 501-19, nr. 38. Sdu Uitgevers, Den Haag, 1999.
- 30 CSTE. Opinion on "Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health". Opinion expressed at the 27th CSTE plenary meeting. Brussels, 30 October 2001. Brussels: European Commission, DG Health and Consumer Protection, 2001.
- 31 CSTE. Opinion of the CSTE on "Effects of electromagnetic fields on health". Reply to question B. Opinion expressed at the 33rd CSTE plenary meeting. Brussels, 22 September 2002. Brussels: European Commission, DG Health and Consumer Protection, 2002.
- 32 CSTE. Opinion of the CSTE on "Effects of electromagnetic fields on health". Reply to question B – Appendix to the opinion expressed on 24 September 2002. Opinion expressed at the 35th CSTE plenary meeting. Brussels, 17 December 2002. Brussels: European Commission, DG Health and Consumer Protection, 2002
- 33 Brief van de Ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Volksgezondheid, Welzijn en Sport aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 561, nr. 13, 8 juni 2001.

- 34 Standardisation mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI in the field of electrotechnology, information technology and telecommunications.  
[http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr\\_equipment/lv/mandate.htm](http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/lv/mandate.htm), geraadpleegd op 13 december 2003.
- 35 Richtlijn 73/23/EEG van de Raad van 19 februari 1973 betreffende de onderlinge aanpassing van wettelijke voorschriften de Lid-Statens inzake elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen (Low Voltage Directive). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, L 77, 26 maart 1973, p. 29-33.
- 36 Verlening mandaat m.b.t. aanwijzing geharmoniseerde normen. Staatscourant 14 oktober 2002, nr. 197 / pag. 8.
- 37 zie bijvoorbeeld Staatscourant 25 augustus 2003, nr. 162 / pag. 25 voor de aankondiging van de nieuwe norm: NEN-EN 50366:2003 – Huishoudelijke en soortgelijke toestellen; Elektromagnetische velden; Methoden voor de evaluatie en meting. (en).
- 38 NEN-EN 50366 (en) Household and similar electrical appliances - electromagnetic fields - Methods for evaluation and measurement. Nederlands Normalisatie-instituut, juli 2003.
- 39 EN 50366 prA1 Final Draft, Household and similar electrical appliances – Electromagnetic fields – Methods for evaluation and measurement. CENELEC, March 2005 Ref. No EN50366:2003/prA1:2005 E.
- 40 Cost 281, Watchdog report 2002, <http://www.cost281.org/activities/watchdog-report2002.pdf>
- 41 Antwoord N. Leitgeb (COST-281) op bezwaren van COST tegen de door CENEL gekozen aanpak, 2003, <http://www.cost281.org/activities/COST-answer-CENELEC.pdf>
- 42 Cost 281, Watchdog report 2003, <http://www.cost281.org/activities/watchdog-report2003-NV.pdf>
- 43 Warenwetbesluit elektrotechnische producten, 6 juli 1992.
- 44 Ministerie van VROM. Circulaire inzake extreem laagfrequente elektrische en magnetische velden (ELF velden). Den Haag; 1995.
- 45 Gauger JR. Household appliance magnetic field survey. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. 1985 Sep; PAS-104(9):2436-2444.
- 46 Verschaeve, L.; Decat, G; Maes, A. Inventarisatie van Blootstellingsniveaus van niet-ioniserende elektromagnetische straling voor de bevolking in Vlaanderen, literatuurstudie Vito, Milieutoxicologie en Integrale Milieustudies, 2004, Mol, België.
- 47 Maslanyj, M. P. and Allen, S. G. A review of electromagnetic fields associated with motorised appliances. Norwich, UK: Health & Safety Executive; 1998; CRR 172/1998.
- 48 Tofani, S.; Anglesio, L.; Ossola, P., and Damore, G. Spectral analysis of magnetic fields from domestic appliances and corresponding induced current densities in an anatomically based model of the human head. Bioelectromagnetics. 1995, vol 16 (6):356-364.
- 49 Wilson, B. W.; Hansen, N. H., and Davis, K. C. Magnetic-field flux density and spectral characteristics of motor-driven personal appliances. Bioelectromagnetics. 1994, vol 15 (5):439-446.
- 50 Preece AW, Kaune W, Grainger P, Preece S and Golding J. Magnetic fields from domestic appliances in the UK. Phys. Med. Biol. 1997 January, vol 42 (1):67-76.
- 51 Farag, A. S.; Dawoud, M. M.; Selim, S. Z.; Cheng, T. C.; Marcus, A. M., and Penn, D. Power-frequency electromagnetic fields in the home. Electric-Machines-and-Power-Systems. 1998, vol 26 (7):749-773.
- 52 Kaune, W. T.; Miller, M. C.; Linet, M. S.; Hatch, E. E.; Kleinerman, R. A.; Wacholder, S.; Mohr, A. H.; Tarone, R. E., and Haines, C. Magnetic fields produced by hand held hair

- dryers, stereo headsets, home sewing machines, and electric clocks. *Bioelectromagnetics*. 2002 January, vol 23 (1):14-25.
- 53 <http://www.emf-data.org/datasets/002/iitri11.html> (Provided by the RAPID EMF Measurements Database, contributed by James Gauger of IIT Research Institute.)
- 54 Website *Bundesamt für Strahlenschutz*; geraadpleegd november 2004, <http://www.bfs.de/bfs>
- 55 Website WHO, geraadpleegd november 2004, <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index3.html>
- 56 Website Belgian Bioelectromagnetic Group, November 2004, <http://www.bbemg.ulg.ac.be>
- 57 Website Milieu Centraal, Utrecht, geraadpleegd november 2004 <http://www.milieucentraal.nl/onderwerp/set?onderwerp=Elektromagnetische%20velden&onderdeel=Milieu-informatie>
- 58 Meetrapport, Philips Drachten, 29 december 2004, Jan Robijns, persoonlijke mededeling
- 59 Mezei, G.; Kheifets, L. I.; Nelson, L. M.; Mills, K. M.; Iriye, R., and Kelsey, J. L. Household appliance use and residential exposure to 60-hz magnetic fields. *Journal-of-Exposure-Analysis-and-Environmental-Epidemiology*. 2001, vol 11 (1):41-49.
- 60 Preece, A. W. ; Kaune, W.; Grainger, P., and Golding, J. Assessment of Human Exposure to Magnetic Fields Produced by Domestic Appliances. *Rad. Prot. Dosim*. 1999 June, vol 83 (1-2):21-7.
- 61 Mader, D. L. and Peralta, S. B. Residential exposure to 60-Hz magnetic fields from appliances. *Bioelectromagnetics*. 1992, vol 13 (4):287-301
- 62 Zheng, T.; Holford, T. R.; Mayne, S. T.; Owens, P. H.; Zhang, B.; Boyle, P.; Carter, D.; Ward, B.; Zhang, Y., and Zahm, S. H. Exposure to electromagnetic fields from use of electric blankets and other in-home electrical appliances and breast cancer risk. *Am J Epidemiol*. 2000, June, vol 151 (11):1103-11. ISSN: 0002-9262
- 63 Gammon, M. D. ; Schoenberg, J. B.; Britton, J. A.; Kelsey, J. L.; Stanford, J. L.; Malone, K. E.; Coates, R. J.; Brogan, D. J.; Potischman, N.; Swanson, C. A., and Brinton, L. A. Electric blanket use and breast cancer risk among younger women. *Am J Epidemiol*. 1998 September, vol 148 (6):556-63. ISSN: 0002-9262.
- 64 <http://statline.cbs.nl/StatWeb/> Tabel: 'Bezit duurzame goederen naar huishoudkenmerken', geraadpleegd, 2 maart 2005
- 65 Neutra, R. R, and Del Pizzo, V. A richer conceptualization of "Exposure" for epidemiological studies of the "EMF Mixture". *Bioelectromagnetics Supplement* 2001 5: S48-S57
- 66 Behrens, T.; Terschuren, C.; Kaune, W. T., and Hoffmann, W. Quantification of lifetime accumulated elf-emf exposure from household appliances in the context of a retrospective epidemiological case-control study. *Journal-of-Exposure-Analysis-and-Environmental-Epidemiology*. 2004, vol 14 (2):144-153
- 67 Preece AW, Grainger P, Golding J and Kaune W Domestic magnetic field exposure in Avon *Phys. Med. Biol*. 1996, vol 41 (1):71-81.
- 68 Maslanyj MP, Mee TJ and Allen SG Investigation and Identification of Sources of Residential Magnetic Field Exposures in the United Kingdom Childhood Cancer Study (UKCCS), HPA-RPD-005, Health Protection Agency, Radiation Protection Division, Chilton, Didcot, Oxfordshire, 2005. ISBN 0 85951 564 8.
- 69 UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *The Lancet* 1999, vol 354 (9194):1925-31.