
**Elektromagnetische velden:
Jaarbericht 2008**

**Electromagnetic Fields:
Annual Update 2008**





Aan de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening
en Milieubeheer

Onderwerp : Aanbieding *Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008*

Uw kenmerk : -

Ons kenmerk : U 5104/EvR/mj/673-P1

Bijlagen : 1

Datum : 19 maart 2009

Geachte minister,

De commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad heeft onder meer tot taak geregeld te rapporteren over actuele wetenschappelijke ontwikkelingen met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. De commissie heeft hiervoor de vorm van het Jaarbericht gekozen (dat ook altijd getoetst wordt door de Beraadsgroep Straling en gezondheid van de Gezondheidsraad). Bij deze ontvangt u de vijfde publicatie in deze reeks. Tevens is dit advies vandaag aangeboden aan de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en de staatssecretaris van Economische zaken.

De commissie beschrijft in het Jaarbericht 2008 uitgebreid hoe en volgens welke criteria zij wetenschappelijke informatie beoordeelt en met welke zorgvuldigheid zij hierbij te werk gaat. Bij het afzonderlijk bespreken van de relatie tussen elektromagnetische velden en hersenactiviteit én tussen elektromagnetische velden en gezondheidsklachten concludeert de commissie voor beide onderwerpen dat er geen aanwijzingen zijn dat blootstelling aan alledaagse niveaus van radiofrequente elektromagnetische velden tot gezondheidsproblemen leidt. Omdat de klachten die sommige mensen toeschrijven aan een dergelijke blootstelling vooral gerelateerd lijken te zijn aan de veronderstelling blootgesteld te worden, lijkt het raadzaam nog meer aandacht te schenken aan voorlichting.

Met vriendelijke groet,

Prof. dr. M. de Visser
Vice-voorzitter

Bezoekadres

Parnassusplein 5

2511 VX Den Haag

Telefoon (070) 340 57 30

E-mail: e.van.rongen@gr.nl

Postadres

Postbus 16052

2500 BB Den Haag

Telefax (070) 340 75 23

www.gr.nl

Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008

aan:

de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de staatssecretaris van Economische Zaken

de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Nr. 2009/02, Den Haag, 19 maart 2009

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement ‘voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid en het gezondheids(zorg)onderzoek’ (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport; Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer; Sociale Zaken & Werkgelegenheid, Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit en Onderwijs, Cultuur & Wetenschap. De raad kan ook op eigen initiatief adviezen uitbrengen, en ontwikkelingen of trends signaleren die van belang zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden als regel opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.



De Gezondheidsraad is lid van het European Science Advisory Network for Health (EuSANH), een Europees netwerk van wetenschappelijke adviesorganen.



INAHTA

De Gezondheidsraad is lid van het International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA), een internationaal samenwerkingsverband van organisaties die zich bezig houden met *health technology assessment*.

U kunt het advies downloaden van www.gr.nl.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008. Den Haag: Gezondheidsraad, 2009; publicatienr. 2009/02.

auteursrecht voorbehouden

ISSN: 1871-3875

Inhoud

Samenvatting 9

1	Inleiding 13
1.1	Achtergrond 13
1.2	Functie van het Jaarbericht 14
1.3	Opzet van dit Jaarbericht 14
1.4	Toekomstige activiteiten 14

2	Uitgebrachte adviezen 2007/2008 15
2.1	Signalement MRI 2007 15
2.2	Briefadvies onderzoeken mobiele telefonie 2007 16
2.3	Briefadvies hoogspanningslijnen 2007 16
2.4	Briefadvies hoogspanningslijnen 2008 17
2.5	Briefadvies BioInitiative rapport 2008 18

3	Hoe beoordeelt de commissie wetenschappelijke gegevens? 19
3.1	Inleiding 19
3.2	Belang van de kwaliteit van onderzoek 19
3.3	Criteria bij de beoordeling van onderzoek 21
3.4	Interpretatie van epidemiologisch onderzoek 22
3.5	Vertekening door publicatie 28
3.6	Waarde van observaties over ziekteclusters 28

3.7	Belang van onderzoek naar biologische effecten	29
4	Radiofrequente elektromagnetische velden en hersenactiviteit (humaan onderzoek)	31
4.1	Inleiding	31
4.2	Elektrische activiteit in de hersenen	32
4.3	Gehoor en evenwicht	35
4.4	Plaatselijke doorbloeding van de hersenen (regional cerebral blood flow, rCBF)	35
4.5	Cognitief functioneren	35
4.6	Conclusie	36
5	Radiofrequente elektromagnetische velden en gezondheidsklachten	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Klachten en psychologische verklaringsmodellen	38
5.3	Hoe vaak komen de klachten voor?	40
5.4	Is er een oorzakelijk verband?	40
5.5	Conclusie	47
	Literatuur	49
	Bijlage	61
A	De commissie	63
	Electromagnetic Fields: Annual Update 2008	65

Samenvatting

Dit is het vijfde Jaarbericht van de commissie Elektromagnetische velden. Naast een kort overzicht van de in de verslagperiode uitgebrachte adviezen, geeft de commissie een uitvoerige toelichting op de werkwijze en methoden die zij gebruikt bij het analyseren van de wetenschappelijke gegevens. Daarna belicht zij twee thema's:

- de invloed van radiofrequente elektromagnetische velden op hersenactiviteit en
- het verband tussen blootstelling aan dergelijke velden en het optreden van gezondheidsklachten.

Hoe beoordeelt de commissie informatie

De commissie baseert haar conclusies over de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op de gezondheid op wetenschappelijke gegevens. Bij het interpreteren daarvan is het van groot belang inzicht te hebben in de kwaliteit van het onderzoek, de wijze waarop het is opgezet, en in de wijze waarop de gegevens zijn verzameld en geanalyseerd. De commissie weegt de kwaliteit van een onderzoek zwaar mee in de analyse. Om tot een oordeel te komen of het al of niet bestaan van een verband of effect plausibel is, hanteert de commissie een aantal specifiek omschreven criteria.

In de totaalanalyse nemen epidemiologische onderzoeken een bijzondere plaats in, omdat ze kijken naar effecten op de mens. Tezamen met experimentele

onderzoeken aan mensen leggen ze daarom veel gewicht in de schaal. Een probleem met epidemiologisch onderzoek is echter dat het vaak moeilijk is om een oorzaak-gevolgrelatie vast te stellen, onder meer doordat de uitkomst van een epidemiologisch onderzoek om verschillende methodologische redenen vertekend kan zijn en dus een onjuiste indruk kan geven van een verband tussen blootstelling en effect. Bij het beoordelen van epidemiologisch onderzoek kijkt de commissie daarom altijd naar mogelijk versturende factoren; deze worden in het advies uitgebreid besproken.

Uiteindelijk baseert de commissie haar conclusies op *alle* wetenschappelijke informatie die haar over een bepaald onderwerp ter beschikking staat, dat wil zeggen, zowel gegevens uit epidemiologisch als uit experimenteel onderzoek met mensen, proefdieren of gekweekte cellen. Daarbij neemt zij de wetenschappelijke waarde van de individuele onderzoeken afzonderlijk in aanmerking. Op die manier komt zij tot een oordeel dat gebaseerd is op de *weight-of-evidence*, een methode die de wetenschappelijke wereld beschouwt als het meest relevant en die ook door andere commissies van deskundigen wordt gehanteerd.

Biologische versus gezondheidseffecten

Een meercellig organisme zoals de mens is geen eenvoudige optelsom van individuele cellen of weefsels, maar heeft een meerwaarde die onder meer ligt in de beschikbaarheid van mechanismen die mogelijk schadelijke invloeden en omstandigheden neutraliseren. Deze mechanismen zorgen voor de handhaving van de zogenoemde homeostase, de primaire levensregulatiefunctie van een meercellig organisme.

Een effect op een biologisch systeem hoeft dus niet noodzakelijkerwijs te leiden tot een negatief effect op de gezondheid. Een gezondheidseffect treedt pas op als de homeostase niet meer kan worden gehandhaafd, dat wil zeggen als een biologisch effect potentieel schadelijk is voor de gezondheid en niet of onvoldoende gecompenseerd kan worden.

Hersenactiviteit

Wanneer een mobiele telefoon tijdens het bellen tegen het hoofd wordt gehouden, worden de hersenen blootgesteld aan de door het apparaat uitgezonden elektromagnetische velden, met name in het deel van de hersenen dat het dichtst bij de telefoon ligt. De afgelopen jaren zijn er vele onderzoeken uitgevoerd naar mogelijke effecten hiervan op het functioneren van de hersenen.

In sommige onderzoeken zijn subtiele veranderingen waargenomen in natuurlijke elektrische processen in de hersenen onder invloed van blootstelling aan de elektromagnetische velden afkomstig van een mobiele telefoon. Deze effecten zijn echter uiterst gering en zijn, voor zover bekend, niet van invloed op de gezondheid. Onderzoeken naar effecten op het cognitief functioneren geven geen eenduidig beeld: sommige onderzoeken vinden geringe en omkeerbare effecten, andere geen effect. Gehoor- of evenwichtfuncties lijken niet beïnvloed te worden door mobiele telefoonsignalen.

Kortom: er zijn enkele effecten gevonden op hersenfuncties, maar er zijn geen aanwijzingen dat deze duiden op, of kunnen leiden tot gezondheidseffecten.

Klachten

Het aantal mensen dat een grote verscheidenheid aan gezondheidsklachten toeschrijft aan allerlei bronnen van elektromagnetische velden in huis en op het werk, lijkt toe te nemen. Gerapporteerd worden bijvoorbeeld hoofdpijn en migraine, vermoeidheid, slapeloosheid, concentratieproblemen, jeuk en warmte-sensaties. Ook het aantal mensen dat zich op grond van dergelijke klachten als elektrogevoelig beschouwt, lijkt te groeien. Als veroorzakers van deze klachten worden vooral mobiele telefoons, basisstations en DECT draadloze telefoons genoemd, en tegenwoordig ook steeds vaker draadloze computernetwerksystemen.

De klachten waar het hier om gaat komen in de algemene bevolking erg veel voor. Vaak kan er geen medische verklaring voor gevonden worden; in dat geval wordt doorgaans gesproken over lichamelijk onverklaarde klachten.

Er zijn zowel in de leefomgeving als in het laboratorium onderzoeken gedaan naar een mogelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van gezondheidsklachten. Verscheidene van die onderzoeken waren echter niet goed opgezet en zijn daarom niet bruikbaar. Het beeld dat uit de wel bruikbare wetenschappelijke gegevens naar voren komt, is dat er geen oorzakelijk verband is tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van lichamelijk onverklaarde klachten. Wel is er een verband tussen de klachten en de *veronderstelling* blootgesteld te worden en daarmee naar alle waarschijnlijkheid de mate van risicoperceptie. Dat doet overigens niets af aan het feit dat die klachten er zijn en om een oplossing vragen.

Inleiding

1.1 Achtergrond

De laatste jaren is de publieke bezorgdheid over mogelijk schadelijke effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden sterk toegenomen, onder meer door de sterke groei van de mobiele telefonie. Deze bezorgdheid is de voornaamste oorzaak van het toenemend aantal vragen dat de Gezondheidsraad over dit onderwerp krijgt. Vragen zowel van de regering en het parlement, als van pers, belangenorganisaties en particulieren. De voorzitter van de Raad heeft daarom op 6 maart 2000 de commissie Elektromagnetische velden geïnstalleerd. Eerst werd deze commissie voor vier jaar benoemd, daarna is het mandaat steeds verlengd. De huidige benoeming loopt tot eind 2011.

De commissie Elektromagnetische velden (hierna te noemen ‘de commissie’) heeft als taak regelmatig te rapporteren, zoals in dit Jaarbericht 2008 gebeurt, over wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van elektromagnetische velden en gezondheid. Daarnaast worden adviesaanvragen van bewindslieden in behandeling genomen. Indien daar aanleiding voor is belicht de commissie ook tussentijds belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen.

De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage A.

1.2 Functie van het Jaarbericht

De commissie behandelt in ieder Jaarbericht onderwerpen die in de betreffende periode in de wetenschappelijke pers en in de publieksmedia aandacht gekregen hebben. Dat kunnen onderwerpen zijn die in een uitgebracht advies al eerder aan de orde kwamen, maar waarop recente publicaties een nieuw licht werpen. Vanzelfsprekend kan het ook om onderwerpen gaan waarover de commissie nog niet eerder heeft gepubliceerd.

Het is de vijfde keer dat de commissie een dergelijk Jaarbericht publiceert; eerdere Jaarberichten verschenen in mei 2001¹, januari 2004², november 2005³ en januari 2007.⁴

1.3 Opzet van dit Jaarbericht

Hoofdstuk 2 bevat een kort overzicht van de adviezen die in de verslagperiode zijn uitgebracht. In hoofdstuk 3 komt, uitgebreider dan in eerdere publicaties, aan de orde hoe en volgens welke criteria de commissie wetenschappelijke gegevens beoordeelt en hoe zij uiteindelijk komt tot een eindoordeel over eventuele gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. Hoofdstuk 4 bespreekt laboratoriumonderzoek met mensen naar effecten van radiofrequente elektromagnetische velden op het functioneren van de hersenen. In hoofdstuk 5 komt onderzoek aan bod naar gezondheidsklachten die mensen toeschrijven aan het gebruik van een mobiele telefoon of het wonen in de buurt van een basisstation voor mobiele telefonie.

1.4 Toekomstige activiteiten

De laatste jaren zijn er veel publicaties verschenen over epidemiologisch onderzoek naar een mogelijke relatie tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het optreden van hersentumoren, onder meer in het kader van het internationale INTERPHONE onderzoeksprogramma. De beschikbare literatuur laat echter veel verschillende uitkomsten zien en de eindanalyse van het INTERPHONE programma is voorlopig niet te verwachten. In zo'n situatie kan een systematische analyse helderheid geven. De commissie laat daarom momenteel zo'n analyse uitvoeren, waarbij nadrukkelijk de kwaliteit en volledigheid van de onderzoeken een belangrijke rol zal spelen. De resultaten van deze analyse worden in 2009 apart gepubliceerd.

Uitgebrachte adviezen 2007/2008

Sinds de publicatie van het laatste Jaarbericht zijn de volgende adviezen uitgebracht.

2.1 Signalement MRI 2007

In het advies *Kanttekeningen over mogelijke beperkingen bij MRI bij invoering van een EU richtlijn*⁵ signaleert de commissie dat er in de klinische praktijk problemen te verwachten zijn als een Europese richtlijn zou worden ingevoerd die gericht is op het beschermen van werknemers tegen eventuele gevolgen van blootstelling aan elektromagnetische velden. Doordat – naar alle waarschijnlijkheid – bij sommige handelingen met MRI-apparatuur werknemers worden blootgesteld boven de limieten die de richtlijn aangeeft, betekent dit dat die handelingen niet meer worden mogen uitgevoerd. Dat is niet alleen nadelig voor patiënten, maar ook voor het medisch personeel; het alternatief is dan immers teruggrijpen op diagnostiek met ioniserende straling.

De commissie zet kritische kanttekeningen bij de limieten voor lage frequenties die de Europese richtlijn geeft, en concludeert dat de richtlijn op dat punt herziening behoeft. Daarnaast pleit de commissie voor het nauwkeuriger bepalen van de blootstelling van personeel dat werkt met of in de buurt van MRI-apparatuur. Verder is het wenselijk dat personeel ook geïnformeerd wordt over de hinderlijke effecten zoals duizeligheid en misselijkheid, die op kunnen treden als men snel beweegt door het sterke magnetische veld dat altijd bij een MRI-appa-

raat aanwezig is. De commissie roept fabrikanten op de apparatuur zodanig aan te passen dat blootstelling van personeel geminimaliseerd wordt. Tot slot pleit de commissie voor het registreren van de blootstelling van personeel; op termijn is dan wetenschappelijk onderzoek naar eventuele gezondheidseffecten bij deze groep werknemers mogelijk.

Mede op grond van dit advies heeft de Europese Commissie voorgesteld om de implementatie van de richtlijn, die op 30 april 2008 zijn beslag had moeten krijgen, voor een periode van vier jaar uit te stellen. Het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie hebben dat voorstel overgenomen.⁶

2.2 Briefadvies onderzoeken mobiele telefonie 2007

Op verzoek van de minister van VROM heeft de commissie in een briefadvies⁷ beknopt een eerste reactie gegeven op drie wetenschappelijke publicaties.⁸⁻¹⁰

De minister vroeg de Gezondheidsraad aan te geven of de gepubliceerde onderzoeksresultaten aanleiding geven eerdere conclusies met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van mobiele telefonie bij te stellen.

Op basis van de publicaties, in combinatie met de reeds eerder door de commissie besproken literatuur, concludeert de commissie dat de nieuwe onderzoekresultaten geen aanleiding geven om de eerste commissiestandpunten te herzien. De commissie handhaaft haar conclusie dat er tot nu toe geen oorzakelijk verband aangetoond is tussen gezondheidsproblemen en blootstelling aan de elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons of basisstations voor mobiele telefonie. Wel vindt de commissie dat nader wetenschappelijk onderzoek naar dergelijke verbanden nog steeds gerechtvaardigd is.

In dit Jaarbericht gaat de commissie dieper in op de onderwerpen die Cook⁸ en Hutter¹⁰ in hun artikelen behandelen. Over het thema ‘mobiele telefoons en hersentumoren’ laat de Gezondheidsraad momenteel een systematische analyse van de beschikbare epidemiologische literatuur uitvoeren. Het resultaat van deze analyse wordt later in 2009 apart gepubliceerd.

2.3 Briefadvies hoogspanningslijnen 2007

In dit advies geeft de commissie antwoord op de vraag van de minister van VROM wat het eventueel ondergronds aanleggen van hoogspanningslijnen kan betekenen voor de effecten van blootstelling aan de door die lijnen opgewekte elektrische en magnetische velden.¹¹

Bij ondergrondse aanleg wordt de elektrische veldsterkte vrijwel tot nul gereduceerd, maar dat is niet het geval voor de magnetische veldsterkte. Die vermin-

dert, afhankelijk van de situatie, naar alle waarschijnlijkheid wel iets. In een smalle strook boven ondergrondse hoogspanningskabels kan de magnetische veldsterkte echter hoger zijn dan onder bovengrondse hoogspanningslijnen.

De cruciale vraag is of eventuele gezondheidseffecten van blootstelling aan de opgewekte elektrische en magnetische velden zullen verminderen bij ondergrondse aanleg van hoogspanningslijnen. Dit geldt zeker voor indirecte effecten die het gevolg kunnen zijn van een ontladestroom die optreedt bij het aanraken van grote metalen voorwerpen die door het elektrische veld zijn opgeladen. Bij ondergrondse aanleg is er geen elektrisch veld en kan dit effect dus niet optreden. Acute effecten als gevolg van in het lichaam opgewekte elektrische stromen komen onder hoogspanningslijnen niet voor; de veldsterkte is daarvoor te gering is. Bij ondergrondse aanleg is dit niet anders.

Resten de eventuele langetermijneffecten: met name de mogelijke verhoging van de kans op leukemie bij kinderen. In epidemiologisch onderzoek is daarvoor een associatie gevonden met het wonen nabij bovengrondse elektriciteitslijnen en langdurige blootstelling aan de daarmee samenhangende verhoogde magnetische veldsterkte. Er zijn echter geen aanwijzingen dat dit verband oorzakelijk is. Het valt daarom niet te zeggen of een reductie van de magnetische veldsterkte bij ondergrondse aanleg van hoogspanningslijnen een afname van kinderleukemie bewerkstelligt.

2.4 Briefadvies hoogspanningslijnen 2008

Na verschijnen van het eerdere briefadvies over hoogspanningslijnen stelde de minister van VROM de Gezondheidsraad nog enkele aanvullende vragen.¹²

De eerste vraag is of metingen van de veldsterkte gebruikt kunnen worden om een wetenschappelijk gefundeerde beoordeling van het risico te maken, specifiek in situaties waarbij van langdurige blootstelling zoals bedoeld in het VROM advies uit 2005 geen sprake is.* De tweede vraag is of het product van blootstellingsduur en veldsterkte gebruikt kan worden als maat voor het gezondheidsrisico. Tot slot vroeg de minister of op grond van de beschikbare wetenschappelijke informatie valt aan te geven of een toename van de sterkte van het

* In een brief van 3 oktober 2005 aan lokale overheden deed de toenmalige staatssecretaris van VROM, Van Geel, de aanbeveling om in nieuwe situaties ervoor te zorgen dat vermeden wordt dat kinderen in woningen, scholen, crèches en kinderdagverblijven langdurig blootgesteld worden aan een magnetische veldsterkte, afkomstig van bovengrondse hoogspanningslijnen, die gemiddeld over het jaar hoger is dan 0,4 µT. In epidemiologisch onderzoek is bij veldsterktes boven deze waarde een associatie gevonden met een verhoging van het risico op kinderleukemie.

magneetveld boven 0,4 microtesla (μT) leidt tot een toename van het risico op kinderleukemie.

Het briefadvies stelt dat meten niet meer dan een eerste indruk geeft van de blootstelling en dat er meer informatie nodig is voor het bepalen van een eventueel risico. Bovendien wordt vastgesteld dat er weliswaar in epidemiologisch onderzoek een associatie gevonden is tussen een verhoging van het risico op kinderleukemie en het wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen en een daarmee samenhangende langdurige blootstelling aan een gemiddelde veldsterkte boven een waarde van 0,3-0,4 μT , maar dat er geen wetenschappelijke onderbouwing is voor een oorzakelijk verband. De commissie beschouwt 'langdurig' als 'gedurende minimaal een jaar met een verblijftijd van minimaal circa 14-18 uur per dag'. Voor kortere blootstellingstijden is een schatting van het eventuele risico niet mogelijk en evenmin is aan te geven of het risico toeneemt bij toenemende veldsterkte. Tot slot concludeert de commissie dat er voor het bepalen van de hoogte van het risico geen wetenschappelijke onderbouwing bestaat voor het gebruik van een cumulatieve 'dosis' in de vorm van het product van duur en mate van blootstelling.

2.5 Briefadvies BioInitiative rapport 2008

In dit advies¹³ geeft de commissie commentaar op het BioInitiative rapport.¹⁴ Dit rapport krijgt in toenemende mate aandacht in de samenleving; het geeft aanbevelingen om te komen tot limieten voor blootstelling aan elektromagnetische velden die aanzienlijk lager zijn dan de limieten die in Nederland en in vele andere landen op dit moment gehanteerd worden.

De commissie concludeert dat het BioInitiative rapport geen gebalanceerd en objectief beeld geeft van de huidige stand van de wetenschap. Deze conclusie wordt onderbouwd door de wijze van tot stand komen, het selectieve gebruik van wetenschappelijke gegevens en andere tekortkomingen over het voetlicht te brengen. Het rapport geeft de commissie dan ook geen aanleiding om haar opvattingen over de risico's van blootstelling aan elektromagnetische velden te herzien.

Het BioInitiative rapport pleit voor het voorkomen van elk effect van elektromagnetische velden op biologische systemen. De commissie deelt deze benadering niet, omdat het optreden van een biologisch effect niet per definitie betekent dat er ook gezondheidsschade optreedt.

Hoe beoordeelt de commissie wetenschappelijke gegevens?

3.1 Inleiding

In eerdere adviezen heeft de commissie al enkele malen aangegeven hoe en volgens welke criteria zij wetenschappelijke gegevens beoordeelt en daar conclusies uit trekt. Omdat over de werkwijze van de commissie toch nog regelmatig vragen worden gesteld heeft de commissie besloten om ook in dit Jaarbericht haar werkwijze uitgebreid te bespreken, waarbij zij vooral aandacht geeft aan de wijze van beoordeling van epidemiologisch onderzoek.

3.2 Belang van de kwaliteit van onderzoek

De commissie baseert haar conclusies over de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op de gezondheid op een analyse van de wetenschappelijke literatuur, dat wil zeggen: vooral artikelen die zijn gepubliceerd in zogenoemde *peer-reviewed* wetenschappelijke tijdschriften.* Voor het identificeren daarvan gebruikt de commissie vaste zoekprofielen in de PubMed database, attendering door een gespecialiseerde nieuwsdienst, haar internationale netwerk en de ‘sneeuwbal’methode. Daarnaast maakt de commissie waar nodig gebruik

* Het *peer review* systeem houdt in dat een artikel, alvorens het gepubliceerd wordt, eerst door vakgenoten (*peers*) wordt beoordeeld. Alhoewel het zeker geen waterdicht systeem is, kan het naar het oordeel van de commissie wel als een redelijk goede eerste kwaliteitscontrole worden beschouwd.

van zogenoemde ‘grijze’ literatuur, zoals wetenschappelijke boeken, door wetenschappelijke instituten of organisaties in opdracht geschreven rapporten over onderzoek, of proefschriften.

Samenvattingen van presentaties op wetenschappelijke bijeenkomsten bieden onvoldoende controleerbare informatie om een onderzoek op waarde te kunnen schatten en worden daarom niet geraadpleegd. Dat geldt des te meer voor artikelen in de lekenpers, zoals dagbladen, of op bepaalde internetsites. Dergelijke publicaties kunnen wel een signaalfunctie hebben, maar de commissie gebruikt ze nooit om tot een oordeel over wetenschappelijk onderzoek te komen. Wetenschappers zullen de resultaten van hun onderzoek niet alleen via de media bekend maken, maar ze ook publiceren via de juiste (*peer-reviewed*) wetenschappelijke kanalen, zodat de resultaten voor andere wetenschappers verifieerbaar zijn.

Bij het interpreteren van wetenschappelijke gegevens is het van groot belang inzicht te hebben in de kwaliteit van het onderzoek, de wijze waarop het is opgezet, en in de wijze waarop de gegevens zijn verzameld en geanalyseerd. Artikelen die in wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerd zijn, verschaffen deze informatie. Gaat het om slecht opgezet onderzoek, dan is de wetenschappelijke waarde van de resultaten hoe dan ook gering. Maar als in overigens goed opgezet onderzoek de verzamelde gegevens niet op de juiste wijze zijn geanalyseerd en geïnterpreteerd, dan zijn de conclusies ook onbruikbaar. De commissie schat de onderzoeken die zij analyseert daarom zo goed mogelijk op wetenschappelijke waarde.

Uiteindelijk trekt de commissie conclusies op grond van *alle* wetenschappelijke informatie die haar over een bepaald onderwerp ter beschikking staat, dat wil zeggen, zowel gegevens uit epidemiologisch als uit experimenteel onderzoek met mensen, proefdieren of gekweekte cellen. Daarbij neemt zij de wetenschappelijke waarde van de individuele onderzoeken afzonderlijk in aanmerking. Op die manier komt zij tot een oordeel dat gebaseerd is op de *weight-of-evidence*, een methode die de wetenschappelijke wereld beschouwt als het meest relevant en die ook door andere commissies van deskundigen wordt gehanteerd.¹⁵⁻²⁰ De commissie tekent hierbij aan dat vervolgens één nieuw, maar vergelijkbaar onderzoek de resultaten van de *weight-of-evidence* analyse zelden sterk zal veranderen wanneer er al – zoals bij elektromagnetische velden – sprake is van een grote hoeveelheid gegevens. Bij een goed en echt vernieuwend onderzoek is dat uiteraard wel mogelijk.

3.3 Criteria bij de beoordeling van onderzoek

Om tot een oordeel te komen of het al of niet bestaan van een verband of effect plausibel is, hanteert de commissie de volgende criteria:

- Het onderzoek is van voldoende kwaliteit volgens de in de wetenschappelijke wereld gangbare normen en het is bij voorkeur gepubliceerd in een *peer-reviewed* wetenschappelijk tijdschrift.
- De resultaten van het onderzoek zijn reproduceerbaar gebleken (voor laboratoriumonderzoek) of consistent (voor epidemiologisch onderzoek) op grond van onderzoek dat andere, onafhankelijke onderzoekers (bij voorkeur in verschillende landen) hebben uitgevoerd.
- Het onderzoeksresultaat is onderbouwd met een kwantitatieve en statistische analyse die leidt tot de conclusie dat er een statistisch significante relatie bestaat tussen blootstelling en effect.
- De mate waarin het effect optreedt is gerelateerd aan de sterkte van de prikkel; er is met andere woorden een dosis-responsrelatie; dit behoeft niet altijd te betekenen dat het effect bij een sterkere prikkel toeneemt. Het kan namelijk ook gaan om een resonantie-effect: bij een bepaalde stimulus is er dan een maximaal effect, terwijl er bij zowel een sterkere als een zwakkere prikkel een minder of zelfs in het geheel geen effect optreedt. Daarnaast kan er ook een drempel zijn: het effect treedt dan pas op boven een bepaalde sterkte van de prikkel.

Voor de kracht van de bewijsvoering voor een oorzakelijk verband is het daarnaast van belang of er een voor deskundigen acceptabele hypothese bestaat over de wijze waarop de stimulus het effect kan veroorzaken, dat wil zeggen, of er een mogelijk biologisch (of psychologisch) mechanisme is. De commissie stelt kennis over een mechanisme echter niet als een noodzakelijke voorwaarde voor het vaststellen van de plausibiliteit van een oorzakelijk verband.

Vindt er (laboratorium)onderzoek aan mensen plaats, dan gelden voor goed onderzoek de volgende aanvullende criteria:

- Het onderzoek dient dubbelblind te zijn opgezet. Dat wil zeggen dat noch de proefpersonen noch de onderzoekers weten wanneer er blootstelling plaatsvindt. Voldoen aan deze eis geeft de minste kans op beïnvloeding van de resultaten. Sommige oudere onderzoeken zijn enkelblind, dat wil zeggen dat alleen de proefpersonen niet wisten wanneer ze werden blootgesteld.

- De proefpersonen fungeren als hun eigen controlegroep, dat wil zeggen, dat ze zowel een echte als een gesimuleerde blootstelling ondergaan (een *cross-over* opzet). Voldoen aan deze eis voorkomt dat eventuele verschillen tussen groepen een rol spelen als het onderzoek zou zijn uitgevoerd met een blootgestelde en een controlegroep.
- De opzet van het onderzoek is gebalanceerd. Dat wil zeggen dat alle mogelijke volgordes van blootstelling worden gebruikt, met gelijke aantallen proefpersonen voor elke combinatie. Hiermee wordt zoveel mogelijk voorkomen dat gewinnings- of leeraspecten een rol spelen in de uitkomsten.

3.4 Interpretatie van epidemiologisch onderzoek

Epidemiologische onderzoeken zijn van groot belang bij het onderzoek naar gezondheidseffecten, doordat ze direct kijken naar effecten op de mens. Tezamen met experimentele onderzoeken aan mensen kunnen ze daarom bij de interpretatie van het totaal aan wetenschappelijke gegevens, de hierboven besproken *weight-of-evidence* benadering, veel gewicht in de schaal leggen. Een probleem met epidemiologisch onderzoek is echter dat het vaak moeilijk is om een oorzaak-gevolgrelatie vast te stellen. Dat kan alleen maar wanneer het verband dat gevonden wordt tussen blootstelling en effect relatief sterk is (een relatief risico groter dan circa 10), of wanneer er een consistent verband is (met een dosis-responsrelatie) dat biologisch plausibel is.

In algemene zin geldt voor epidemiologisch onderzoek dat een oorzakelijk verband aannemelijker wordt naarmate aan meer van de belangrijkste door Bradford Hill²¹ geformuleerde criteria wordt voldaan:²²

- Sterkte van de associatie: hoe sterker de associatie, des te aannemelijker een oorzakelijk verband.
- Consistentie: hoe meer de resultaten van verschillende onderzoeken wijzen in dezelfde richting, des te aannemelijker een oorzakelijk verband.
- Temporaliteit: er is een logische opeenvolging in de tijd van blootstelling en effect.
- Dosis-responsrelatie: er is een verband tussen de sterkte van de blootstelling en de sterkte van het effect.
- Biologische plausibiliteit: het is aannemelijk dat het effect door de blootstelling wordt veroorzaakt.

Kennis over een mechanisme is met name bij zwakke associaties in epidemiologisch onderzoek (een relatief risico tussen circa 0,5 en 2,0) van belang om vast te kunnen stellen of er een oorzakelijk verband is.

3.4.1 Verschillen typen epidemiologisch onderzoek

Er zijn twee belangrijke categorieën epidemiologisch onderzoek. Het eerste type is patiënt-controle-onderzoek. Daarin wordt een groep patiënten die aan een bepaalde ziekte lijden vergeleken met een groep mensen zonder die ziekte, waarbij na wordt gegaan hoe in het verleden de blootstelling is geweest. Zijn er verschillen in de mate van blootstelling tussen de groep patiënten en de controle-groep, dan is dat een aanwijzing voor een mogelijk verband tussen de blootstelling en het optreden van de ziekte. Een groot probleem bij dit soort onderzoek is het zo nauwkeurig mogelijk achterhalen wat in het verleden de blootstelling is geweest. Daarbij is men meestal afhankelijk van de herinnering van de deelnemers aan het onderzoek. En die is mogelijk beïnvloed doordat iemand weet of hij of zij een bepaalde ziekte heeft. De herinnering over de blootstelling kan dus verschillend zijn tussen patiënten en controles. Het is een bekend fenomeen bij patiënt-controle-onderzoek dat patiënten hun blootstelling nauwkeuriger rapporteren dan leden van de controlegroep, doordat deze laatsten zich minder bij het onderzoek betrokken voelen. Ook is het mogelijk dat de patiënten hun blootstelling overschatten omdat ze zelf de blootstelling als oorzaak van hun ziekte zien. Dit wordt *recall bias* (selectieve herinnering) genoemd en kan van invloed zijn op de onderzoeksuitkomst.

Een tweede type epidemiologisch onderzoek is cohortonderzoek. Daarbij wordt een grote groep mensen (het cohort) gedurende langere tijd gevolgd. Er wordt dan bijgehouden wat de blootstelling is en of er zich binnen de groep ziektes ontwikkelen. Na verloop van tijd is het mogelijk om na te gaan of er een relatie gevonden kan worden tussen de blootstelling en het optreden van bepaalde ziektes. Doorgaans gaat het hierbij om prospectief (vooruitblikkend) onderzoek: de blootstelling en het optreden van ziektes worden hierbij vanaf het moment van samenstellen van het cohort geregistreerd.

Bij prospectief cohortonderzoek is de blootstelling beter te bepalen dan bij patiënt-controle-onderzoek, dat per definitie altijd retrospectief (terugblikkend) is.

Naarmate de ziektes die in cohortonderzoek onderzocht worden minder vaak voorkomen, moet het cohort groter zijn om met voldoende statistische zekerheid iets over een mogelijke oorzaak-gevolgrelatie te kunnen zeggen. Daarnaast dient er sprake te zijn van voldoende verschillen in blootstelling, hetgeen bij onderzoek naar effecten van alomtegenwoordige blootstelling – zoals aan elektromag-

netische velden van mobiele telefoons of antennes van basisstations – nog wel eens een probleem zijn.

Zeker wanneer dan ook nog langetermijneffecten (zoals het geval is bij de meeste vormen van kanker) worden onderzocht, is prospectief cohortonderzoek langdurig en kostbaar. Prospectief cohortonderzoek wordt daarom maar weinig uitgevoerd.

Binnen het nationale Onderzoeksprogramma Elektromagnetische Velden en Gezondheid is een groot cohortonderzoek gestart onder 250.000 individuen van de algemene bevolking. Hierbij wordt er onder meer prospectief onderzoek verricht naar de relatie tussen het gebruik van mobiele telefoons en langetermijneffecten op de gezondheid. Het is de bedoeling om dit deel van het onderzoek te koppelen aan het internationale COSMOS onderzoek, waarbij de effecten van mobiele telefonie en gezondheid worden bestudeerd.

Retrospectief cohortonderzoek is eveneens mogelijk. Daarbij wordt gekeken hoe in een cohort de blootstelling en het optreden van ziektes in het verleden is geweest. Het voordeel is dat er niet jarenlang op de resultaten gewacht hoeft te worden, maar het nadeel is dat, net zoals bij patiënt-controle-onderzoek, de blootstelling minder nauwkeurig vast te stellen is. Een Deens cohortonderzoek²³ naar de relatie tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het optreden van tumoren in het hoofd is een voorbeeld van retrospectief cohortonderzoek.

3.4.2 *Vertekening van uitkomsten*

De uitkomst van epidemiologisch onderzoek kan om verschillende redenen vertekend zijn en dus een onjuiste indruk geven van een verband tussen blootstelling en effect. In de analyse van het onderzoek moet met deze factoren rekening gehouden worden en er moet zo mogelijk voor worden gecorrigeerd. Dit laatste gebeurt soms onvoldoende, of erger nog: in het geheel niet. Bij het beoordelen van onderzoek kijkt de commissie daarom altijd naar de volgende factoren.

Selectie

Selectie treedt op als niet iedere potentiële deelnemer dezelfde kans heeft om in de onderzoekspopulatie opgenomen te worden. Met name patiënt-controle-onderzoek is bijzonder gevoelig voor vertekening door selectie. De te onderzoeken personen worden immers uitgenodigd om deel te nemen op een moment dat valt na de relevante blootstelling én nadat, bij de patiënten, de ziekte is vastgesteld. Wanneer het doel van het onderzoek bekend is, kan dit bij patiënten en leden van de controlegroep leiden tot een verschil in de bereidwilligheid om deel

te nemen. De bereidwilligheid bij patiënten is doorgaans veel groter dan bij leden van de controlegroep. Dat blijkt bijvoorbeeld uit de deelnamepercentages bij sommige INTERPHONE-onderzoeken, zoals het onderzoek naar vestibulaire schwannoma's (acousticus neuromen) in Denemarken²⁴: deelname patiënten 82%, controles 64%; een vergelijkbaar onderzoek in Japan²⁵: deelname patiënten 84%, controles 52%. De vraag is dan of de controlegroep in het onderzoek goed genoeg vergelijkbaar is met de groep patiënten. In de Finse tak van het INTERPHONE-onderzoek bleek het percentage regelmatige gebruikers van een mobiele telefoon onder niet-deelnemende controlepersonen lager te zijn dan onder hen die wel deelnamen (maar dit was ook het geval bij de patiënten).²⁶

Misclassificatie

Misclassificatie ontstaat doordat deelnemers in de verkeerde blootstellings- en/of ziektecategorie ingedeeld worden. Misclassificatie kan *random* oftewel willekeurig zijn ('ruis'), bijvoorbeeld doordat de blootstelling niet uitvoerig genoeg is nagegaan. Misclassificatie kan ook systematisch zijn (vertekening door misclassificatie). Een voorbeeld: in een patiënt-controle-onderzoek naar het verband tussen gebruik van een mobiele telefoon en tumoren in het hoofd kan er bij patiënten *recall bias* optreden over het gebruik van de telefoon aan de linker- of rechterzijde van het hoofd. Zij menen de telefoon vaker aan de kant van het hoofd gebruikt te hebben waar de tumor zich bevindt dan in werkelijkheid het geval was. Bij leden van de controlegroep doet dit verschijnsel zich uiteraard niet voor.

Confounding

Het verband tussen een bepaalde blootstelling (of risicofactor) en een bepaalde ziekte kan 'verstoord' zijn door een andere risicofactor voor die ziekte. Dit gebeurt als beide risicofactoren met elkaar samenhangen. De ziekte wordt dan mogelijk aan de verkeerde risicofactor toegeschreven.

Bij een correcte statistische analyse van de onderzoeksgegevens kan de risicofactor waarin men is geïnteresseerd, onderscheiden worden van versturende variabelen. Een voorbeeld van een confounder is de verkeersdichtheid bij onderzoek naar kinderleukemie in relatie tot het wonen bij bovengrondse elektriciteitslijnen. Veel van dergelijk onderzoek is verricht in de Verenigde Staten waar met name de nabijheid van distributielijnen is onderzocht. Er blijkt een redelijk sterk verband te zijn tussen de 'zwaarte' van de lijnen (en de daarmee samenhangende sterkte van het magnetische veld in de woningen) en de verkeersdichtheid.

Vooraf met confounders die zelf sterke risicofactoren zijn moet in een epidemiologisch onderzoek altijd terdege rekening gehouden worden.

Welke vertekening in welk type onderzoek?

Patiënt-controle-onderzoek is gevoelig voor systematische vertekening door selectie, de deelnemers worden immers geselecteerd op basis van aan- of afwezigheid van de ziekte, en het percentage deelnemers is bij potentiële leden van de controlegroep vaak minder dan bij de groep patiënten. Daarnaast is dit type onderzoek gevoelig voor vertekening door misclassificatie, doordat de blootstelling pas wordt bepaald nadat de ziekte is vastgesteld.

Cohortonderzoek is gevoelig voor willekeurige misclassificatie, doordat de opzet van een cohortonderzoek vaak grootschalig en breed is; dikwijls wordt dan minder uitvoerig nagevraagd van welke mate van blootstelling (bijvoorbeeld door het gebruik van een mobiele telefoon) sprake geweest is.

3.4.3 *Aggregatie van onderzoeken*

Het is vrijwel onmogelijk om op basis van de gegevens uit één observationeel onderzoek (wat epidemiologische onderzoeken zijn) conclusies te trekken over een oorzakelijk verband. Daarvoor zijn meerdere onderzoeken van hoge kwaliteit nodig, en veel onderzoeken indien de kwaliteit wat minder is of er slechts zwakke verbanden zijn gevonden (een relatief risico lager dan 2).

Om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de grootte van het onderzochte risico, is het nuttig om de gegevens van de onderzoeken te combineren en een analyse uit te voeren van de geaggregeerde gegevens. Daarnaast geven individuele epidemiologische onderzoeken slechts een beeld van relaties tussen blootstelling en ziekte in één populatie. Een veel voorkomend probleem daarbij is dan ook nog, dat er met name in de hoogste blootstellingscategorieën weinig deelnemers zijn. Dat is bijvoorbeeld het geval in de patiënt-controle-onderzoeken naar de relatie tussen tumoren in het hoofd en het gebruik van mobiele telefoons. Een grotere onderzoekspopulatie is de oplossing, maar op nationale schaal is dat vaak niet mogelijk, vanwege praktische of financiële belemmeringen.

Een ander specifiek probleem bij epidemiologische onderzoeken betreft de snelheid van technologische ontwikkelingen; het type en patroon van blootstelling veranderen daardoor meer dan eens gedurende de looptijd van het onderzoek. Een reden temeer om een analyse uit te voeren van geaggregeerde gegevens uit meerdere onderzoeken, met als extra voordeel dat de uitkomst niet gebaseerd is op één populatie, maar op meerdere.

Om een analyse van geaggregeerde gegevens uit te voeren zijn verschillende technieken beschikbaar: een meta-analyse of een gepoolde analyse. In beide gevallen is het belangrijk de kwaliteit van de onderzoeken in de analyse mee te laten wegen.

Meta-analyses

Bij een meta-analyse vormen de analyses zoals die uitgevoerd zijn in de individuele onderzoeken, de basis. De risicogetallen (meestal uitgedrukt in het relatief risico of de *odds ratio*) met de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden gebruikt om het totaal risico te berekenen. Dit is een relatief snelle en eenvoudige methode van aggregeren van gegevens, doordat niet teruggegrepen hoeft te worden op de ruwe gegevens uit de oorspronkelijke onderzoeken en er in principe ook geen contact nodig is met de onderzoekers. Belangrijke nadelen zijn echter dat men afhankelijk is van de specifieke effecten (eindpunten) én van de correcties voor verstoringen die in de oorspronkelijke onderzoeken zijn gebruikt. Zitten daar tekortkomingen in, dan worden die in de meta-analyse onverkort meegenomen. De statistische zeggingskracht van het aggregeren van aggregaten is daardoor minder groot dan die van het direct aggregeren van oorspronkelijke gegevens, dat wil zeggen het uitvoeren van een gepoolde analyse.

Gepoolde analyses

Vanwege bovenstaand bezwaar is een gepoolde analyse de meest aangewezen techniek. Hierbij worden de oorspronkelijke gegevens van de verschillende onderzoeken in één groot gegevensbestand verzameld en als één populatie geanalyseerd. Daarbij is het van groot belang om op de goede manier met verstoringen rekening te houden – factoren die in principe kunnen verschillen voor elk van de individuele onderzoeken waaruit de gegevens afkomstig zijn. Doordat de groepen in een gepoolde analyse groter zijn dan in de individuele onderzoeken – hetgeen vooral van belang is bij de hoogst blootgestelde groepen – is de statistische zeggingskracht van een gepoolde analyse groter dan die van de individuele onderzoeken (en die van een meta-analyse). Een gepoolde analyse geeft, mits goed uitgevoerd, de meest relevante resultaten, ook al is het meer werk dan een meta-analyse én is medewerking van de auteurs van de oorspronkelijke onderzoeken vereist (want die moeten hun gegevens ter beschikking stellen).

3.5 Vertekening door publicatie

Niet alle uitgevoerde wetenschappelijke onderzoeken worden uiteindelijk gepubliceerd. Er kunnen verschillende redenen bestaan voor het niet publiceren van onderzoek. Eén van die redenen kan zijn dat negatieve (in de betekenis van: geen effect) onderzoeksresultaten minder vaak gepubliceerd worden dan resultaten die een duidelijk verband aangeven. Een andere reden kan zijn dat wetenschappelijke tijdschriften minder geïnteresseerd zijn in negatieve onderzoeksresultaten. Mogelijk zijn ongepubliceerde onderzoeken kleiner van omvang dan de wel gepubliceerde: de uitkomsten van grote onderzoeken zullen altijd gepubliceerd worden; er is immers veel tijd en geld in geïnvesteerd.

Er is sprake van vertekening door publicatie wanneer de bevindingen in de gepubliceerde en de niet gepubliceerde onderzoeken van elkaar verschillen. In een meta- of gepoolde analyse kan dit leiden tot onder- of overschatting van het werkelijke effect. Wordt er bijvoorbeeld in niet gepubliceerde onderzoeken veelal geen effect aangetoond, dan is het ware effect kleiner dan de meta- of gepoolde analyse toont.

3.6 Waarde van observaties over ziekteclusters

Diverse in dit Jaarbericht behandelde onderzoeken zijn uitgevoerd vanwege de indruk dat in de directe omgeving van een bepaalde antenne meer ziektegevallen (met name gevallen van kanker) lijken voor te komen dan op grotere afstand. Het is van belang goed te weten wat de waarde van dergelijke observaties is. Het Gezondheidsraadadvies *Ongerustheid over lokale milieufactoren; risicocommunicatie, blootstellingsbeoordeling en clusteronderzoek* geeft een uitgebreide uitleg over het hiervoor relevante begrip ‘ziekteclusters’.²⁷

In dit advies komt ter sprake dat er van nature, alleen al door toevalsschommelingen, een zekere variatie in plaats en tijd bestaat in het vóórkomen van bepaalde aandoeningen en gezondheidsklachten onder de bevolking. Dit betekent dat er door toeval zo nu en dan in elk denkbaar gebied meerdere soortgelijke ziektegevallen voorkomen. Wanneer 100 aandoeningen bekeken worden, is de kans zelfs hoger dan 60% dat ten minste één aandoening statistisch significant verhoogd voorkomt.²⁸ Alleen al door het toeval mag dan ook verwacht worden dat er bijvoorbeeld in honderden straten, wijken en dorpen in Nederland geografische clusters zijn en er ‘statistisch significant’ meer kanker voorkomt dan verwacht zou worden op grond van het landelijk gemiddelde, zonder dat een

bijzondere ziekteoorzaak daarbij een rol speelt. Anderzijds zijn er even zovele gebieden waar *minder* kanker voorkomt dan het landelijk gemiddelde.

Naast de natuurlijke variatie (toeval) kunnen ook lokale verschillen in algemene risicofactoren verantwoordelijk zijn voor een verhoogd optreden van bepaalde gezondheidsklachten of aandoeningen in een bepaald gebied. Zo kan een specifieke leeftijdsopbouw (vergrijzing) of de sociaaleconomische samenstelling van een buurt van invloed zijn op de lokale gezondheidssituatie. Ook kenmerken als etniciteit, arbeidsomstandigheden of leefstijl (roken, voeding) kunnen een rol spelen.

3.7 Belang van onderzoek naar biologische effecten

In de *weight-of-evidence* benadering die de commissie hanteert (zie paragraaf 3.2) speelt epidemiologisch onderzoek een belangrijke rol. Dit type onderzoek geeft immers directe informatie over de relatie tussen blootstelling en effect bij de mens. De relaties die bij epidemiologisch onderzoek gevonden worden, zijn echter doorgaans niet duidelijk genoeg om ondubbelzinnige conclusies over oorzaak en gevolg te kunnen trekken. Daarom is onderzoek naar effecten van elektromagnetische velden op biologische systemen, of dat nu gekweekte cellen zijn of gehele organismen, eveneens van groot belang. Het vinden van dergelijke effecten kan een aanwijzing zijn voor de biologische plausibiliteit.

De volgende overwegingen zijn in algemene zin van belang bij het interpreteren van de biologische effecten die waargenomen zijn in experimenteel onderzoek met cellen, weefsels, proefdieren of vrijwilligers:

- Veel biologische effecten komen voort uit de functie van de betreffende cellen of weefsels; bijvoorbeeld de reactie van een zintuigcel of zenuwcel op een prikkel, zonder welke de zintuigen en het zenuwstelsel niet zou kunnen functioneren.*
- Een meercellig organisme zoals de mens is geen eenvoudige optelsom van individuele cellen of weefsels, maar heeft een meerwaarde die onder meer ligt in de beschikbaarheid van mechanismen die eventueel schadelijke invloeden en omstandigheden neutraliseren; zoogdieren zoals de mens beschikken ten eerste over een immuunsysteem dat continu bezig is met het lokaliseren en verwijderen van lichaamsvreemde materialen en oude, slecht functionerende en om andere redenen ongewenste lichaamseigen cellen, en

* Een voorbeeld is de biologische (zeer sterke) reactie van de zintuigcellen van het netvlies in het oog op een lichtprikkel. Deze reactie is geen aanwijzing dat licht schadelijk is voor de mens, maar een eerste stap in het voor de mens uiterst belangrijke proces van visuele waarneming van zijn omgeving.

ten tweede over adaptatiemechanismen in de hersenen en in het hormoonstelsel die het lichaam gezond en ongehinderd laten functioneren, ondanks de voortdurende inwerking van allerlei potentieel storende externe factoren. Deze processen zorgen voor de handhaving van de zogenoemde homeostase, de primaire levensregulatiefunctie van een meercellig organisme.

Een effect op een biologisch systeem hoeft daarom niet noodzakelijkerwijs te leiden tot een negatief effect op de gezondheid. Een gezondheidseffect treedt pas op als de homeostase niet meer kan worden gehandhaafd, dat wil zeggen als een biologisch effect potentieel schadelijk is voor de gezondheid en niet of onvoldoende gecompenseerd kan worden. Van veel biologische effecten die gevonden worden bij *in vitro*-onderzoek (laboratoriumexperimenten met gekweekte cellen) is niet aan te geven of zij ook gevonden zouden worden indien deze cellen onderdeel van een organisme hadden uitgemaakt (*in vivo*) en zich dus niet in een kunstmatige, maar in hun natuurlijke omgeving zouden bevinden. En zelfs al zouden dergelijke effecten inderdaad ook in een organisme optreden, dan is het nog maar de vraag of zij leiden tot verstoring van de homeostase, en dus tot gezondheidsproblemen.

Radiofrequente elektromagnetische velden en hersenactiviteit (humaan onderzoek)

4.1 Inleiding

Wanneer een mobiele telefoon tijdens het bellen tegen het hoofd wordt gehouden, worden de hersenen blootgesteld aan de door het apparaat uitgezonden elektromagnetische velden, met name in het deel van de hersenen dat het dichtst bij de telefoon ligt. De afgelopen jaren zijn er vele onderzoeken uitgevoerd naar mogelijke effecten hiervan op het functioneren van de hersenen. Daarbij is gekeken naar: elektrische activiteit in de hersenen; plaatselijke doorbloeding (*regional cerebral blood flow* - rCBF - een indicator voor de activiteit van zenuwcellen in een bepaald hersendeel); en meer geïntegreerde indicatoren voor het functioneren van de hersenen zoals geheugen, aandacht en concentratie (cognitieve functies).

Sommige gebruikers van mobiele telefoons zeggen als gevolg van het mobiel bellen last te hebben van klachten zoals hoofdpijn, vermoeidheid en concentratiestoornissen. Om te toetsen of deze klachten inderdaad samenhangen met mobiel telefoneren zijn er experimentele onderzoeken gedaan naar een mogelijk oorzakelijk verband tussen dergelijke klachten en blootstelling aan door mobiele telecommunicatiesystemen uitgezonden elektromagnetische velden.

Het is vanwege ethische redenen alleen mogelijk om in experimenten met vrijwilligers onderzoek te doen naar voorbijgaande fysiologische effecten bij relatief lage niveaus van blootstelling. Dergelijke effecten worden dan als onschadelijk

beschouwd. Het is niet bekend of zulke effecten wanneer zij bij blootstelling in het dagelijks leven langdurig optreden toch gezondheidsschade veroorzaken; volledig uit te sluiten is dit niet.

Het voordeel van laboratoriumonderzoek aan mensen is dat het uitgevoerd kan worden onder goed gedefinieerde en gecontroleerde omstandigheden. Een nadeel is de korte duur van de blootstelling. Daardoor zijn dergelijke onderzoeken niet geschikt om uitspraken te doen over effecten die mogelijk op langere termijn optreden. Een ander nadeel is het doorgaans beperkte aantal proefpersonen dat onderzocht kan worden. Hierdoor is slechts in beperkte mate rekening te houden met de variatie in gevoeligheid die in de bevolking aanwezig is.

Ondanks deze beperkingen levert laboratoriumonderzoek met vrijwilligers belangrijke directe informatie over fysiologische effecten bij de mens.

4.2 Elektrische activiteit in de hersenen

Elektrische activiteit van de hersenen kan worden gemeten door elektroden op het hoofd te bevestigen en de elektrische signalen vervolgens te registreren. Dit wordt een elektro-encefalogram (EEG) genoemd. Het EEG geeft geen gedetailleerd beeld van de hersenactiviteit, maar is een weergave van de synchrone activiteit van relatief grote hoeveelheden zenuwcellen in de hersenschors, de buitenste laag van de hersenen. Hersenactiviteit vindt continu plaats, ook als men in rust is. Wel zijn er duidelijke verschillen tussen het EEG tijdens slaap en tijdens waken.

Het waak-EEG wordt doorgaans onderverdeeld in een aantal frequentiegebieden. De mate van activiteit in elk van deze gebieden hangt af van de psychologische toestand van de persoon en van de cognitieve activiteit. Doordat niet altijd een eenduidige indeling van de frequentiegebieden gebruikt wordt, kunnen bepaalde frequenties in verschillende onderzoeken aan verschillende frequentiegebieden toegewezen worden. De meest gebruikte indeling in frequentiegebieden is:

- delta (δ): < 4 Hz
- theta (θ): 4-8 Hz
- alfa (α): 8-13 Hz
- beta (β): 13-30 Hz
- gamma (γ): > 30 Hz.

Er is weinig kennis over de functionele betekenis van de verschillende onderdelen van het normale waak-EEG. Als signalen van mobiele telecommunicatiesystemen bepaalde onderdelen van het EEG blijken te beïnvloeden wijst dat dus

op een biologisch effect, maar het is niet mogelijk aan te geven of zo'n effect eventueel ook tot gezondheidsproblemen leidt. Een complicerende factor is ook nog, dat er aanzienlijke interindividuele variaties in het waak-EEG voorkomen.

Dat laatste is veel minder het geval in het slaap-EEG. Hierin zijn goed gekarakteriseerde patronen te onderscheiden; deze patronen worden gebruikt als kenmerken van de verschillende slaapstadia die een gezond persoon tijdens de nacht doorloopt. Interindividuele variaties zijn hier vooral te vinden in de oppervlakkige slaapstadia. Ook tussen een normaal EEG en een EEG dat behoort bij bepaalde ziektebeelden, zoals epilepsie, zijn meestal duidelijke verschillen.

Een maat voor hersenactiviteit die nauw verwant is aan het EEG is de opgewekte potentiaal (*evoked* of *event-related potential*, ERP). Een ERP is een signaal dat in een bepaald hersengebied wordt opgewekt door een van buiten komende prikkel (bijvoorbeeld een lichtflits of een geluid) of door een motorische activiteit (bijvoorbeeld het indrukken van een knop). ERP's worden bepaald door het meten van het EEG in relatie tot de aangeboden prikkel en door vervolgens bepaalde delen van het EEG die op een vast tijdstip na de prikkel optreden op te tellen en te middelen. Het zo verkregen elektrische signaal is een weergave van de hersenactiviteit die gerelateerd is aan die bepaalde prikkel. ERP's worden gebruikt om het functioneren te onderzoeken van neurale systemen die zorgen voor het verwerken van zintuiglijke, cognitieve en motorische prikkels. De interpretatie van ERP's is echter niet eenvoudig, doordat veranderingen in prikkeling en aandacht van de onderzochte personen het resultaat van dergelijke onderzoeken sterk kunnen beïnvloeden.

4.2.1 Effecten op het EEG

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat GSM-achtige signalen het spontane EEG kunnen beïnvloeden²⁹⁻⁴⁰; in andere onderzoeken zijn dergelijke effecten echter weer niet gevonden.⁴¹⁻⁴⁴ Een goed uitgevoerd groot onderzoek aan 120 proefpersonen heeft bevindingen uit een aantal kleinere onderzoeken bevestigd met betrekking tot een toename van de hersenactiviteit in de alfa band (in dit grote onderzoek gedefinieerd als 8-13 Hz).⁴⁵ Mogelijk zijn er ook effecten op de hersenactiviteit in andere frequentiebanden, maar deze zijn niet consistent gevonden.

Een onder meer in Nederland uitgevoerd onderzoek vond bij frequente gebruikers van een mobiele telefoon een geringe toename van de activiteit in de delta en theta band en een afname van de activiteit in de alfa band.⁴⁶ Die verschillen vallen echter binnen de natuurlijke variatie.

Ook uit de onderzoeken naar effecten van GSM-achtige signalen op de hersenactiviteit tijdens de slaap komen geen eenduidige gegevens naar voren. Wel is de conclusie mogelijk dat er effecten op het slaap-EEG kunnen zijn; enkele van deze experimentele onderzoeken geven aanwijzingen voor een toename van de activiteit in de alfa en beta-frequentiebanden bij blootstelling tijdens de slaap^{29,47}, andere onderzoeken weer niet.⁴⁸⁻⁵⁰ Een gerapporteerde verkorting van de tijd tot het in slaap vallen⁴⁷ kon in later onderzoek niet worden gereproduceerd.^{48,49} In andere onderzoeken is het effect van blootstelling gedurende 30 minuten voor het in slaap vallen bestudeerd.^{35,36,51-54} Ook dit onderzoek leverde variabele gegevens op, waarbij soms een toename in de activiteit in de alfa en beta-band werd waargenomen en soms niet. In één onderzoek werd een toename alleen gevonden na blootstelling aan een gemoduleerd signaal, en niet na blootstelling aan een ongemoduleerd signaal.³⁶ Uit een ander onderzoek bleek een toename van de activiteit in de alfa en beta banden met toenemende SAR*.⁵⁴

In sommige onderzoeken werd er wel een toename geregistreerd van de tijd tot het in slaap vallen, maar andere effecten op slaappatronen waren dan weer afwezig.^{52,55} De auteurs van een recent onderzoek⁵² suggereren dat de modulatiefrequenties bepalend zijn voor de geïnduceerde effecten. Modulatie met 8 en 217 Hz zou in effecten resulteren, terwijl een extra modulatie met 2 Hz, die ook in het GSM-signaal zit, de effecten tegengaat. Een ander onderzoek geeft echter weer resultaten die geen enkele onderbouwing voor deze veronderstelling oplevert.³⁶

4.2.2 Effecten op ERPs

In deze onderzoeken zijn vooral effecten van GSM-signalen onderzocht op ERP's opgewekt door geluid, visuele en sensorische prikkels. Eén onderzoeksgroep richtte zich daarbij op ERP's in relatie tot het uitvoeren van cognitieve taken⁵⁶⁻⁵⁹; een andere groep bestudeerde effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de hersenschors door middel van het opwekken van spierbewegingen met behulp van transcraniële magnetische stimulatie (stimulatie van kleine gedeeltes van de hersenschors door een sterk magnetisch veld dat wordt opgewekt in een spoel die tegen het hoofd wordt gehouden).⁶⁰ De meeste onderzoeken zijn uitgevoerd met volwassenen, slechts één onderzoek is gedaan met kinderen.⁶¹

* De *Specific absorption rate* (SAR) is een maat voor de in het lichaam opgenomen energie bij blootstelling aan een elektromagnetisch veld.

In het hierboven genoemde grote onderzoek aan 120 proefpersonen (paragraaf 4.2.1) werden geen effecten waargenomen op door geluid opgewekte ERP's.⁶²

Al deze onderzoeken naar de effecten op ERP's vormen geen enkele ondersteuning voor de EEG-onderzoeksresultaten. Sommige onderzoeken toonden wel geringe effecten, maar consistent zijn deze niet.^{30,33,60,62-69} In andere onderzoeken zijn in het geheel geen effecten gevonden.^{58,59,61,62,70-74}

4.3 Gehoor en evenwicht

Het binnenoor bevat structuren die verantwoordelijk zijn voor het waarnemen van geluiden én voor het opwekken van signalen die zorgen voor handhaving van het evenwicht. Omdat mobiele telefoons dicht bij het oor worden gehouden is door verschillende groepen onderzocht of blootstelling aan elektromagnetische velden mogelijk invloed heeft op elk van beide systemen.⁷⁵⁻⁸⁶

Het totaalbeeld dat uit deze onderzoeken naar voren komt wijst niet op enig effect op gehoor- of evenwichtfuncties tengevolge van kortdurende blootstelling aan mobiele telefoonsignalen.

4.4 Plaatselijke doorbloeding van de hersenen (*regional cerebral blood flow*, rCBF)

Enkele onderzoeken geven aanwijzingen voor veranderingen in rCBF gedurende en na blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden.^{36,87-89} De beschikbare gegevens zijn echter niet eenduidig.

Aangenomen wordt dat veranderingen in rCBF wijzen op lokale veranderingen in neurale activiteit. Zij zijn echter geen aanduiding van gezondheidseffecten.

4.5 Cognitief functioneren

Ook de onderzoeken naar cognitieve effecten geven een gevarieerd beeld, niet in het minst omdat er weinig eenduidigheid bestaat over de te gebruiken tests. In sommige onderzoeken zijn effecten van blootstelling aan mobiele telefoonsignalen gevonden, maar deze zijn altijd gering en omkeerbaar en de effecten wijzen doorgaans op een verbetering van de prestaties.^{39,54,90-99} De onderzoeken met grotere aantallen proefpersonen laten over het algemeen geen effecten zien.^{74,100-110} Bij kinderen¹¹⁰⁻¹¹⁴ en personen die zichzelf als elektrogevoelig

beschouwen¹¹⁵⁻¹¹⁸ is geen groter effect gevonden dan bij gezonde volwassenen. De Wereldgezondheidsorganisatie heeft enkele jaren geleden een oproep gedaan meer onderzoek bij kinderen te doen.¹¹⁹ De Gezondheidsraad heeft deze oproep overgenomen in zijn aanbevelingen voor onderzoek in Nederland.¹²⁰

4.6 Conclusie

Blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons kan leiden tot subtiele veranderingen in de activiteit van de hersenen. De waargenomen effecten zijn echter tijdelijk en gering en zijn, voor zover bekend, niet van invloed op de gezondheid. Onderzoeken naar effecten op het cognitief functioneren geven geen eenduidig beeld: sommige onderzoeken vinden geringe en omkeerbare effecten, andere geen effect.

Radiofrequente elektromagnetische velden en gezondheidsklachten

5.1 Inleiding

Het aantal mensen dat een grote verscheidenheid aan gezondheidsklachten toeschrijft aan allerlei bronnen van elektromagnetische velden in huis en op het werk, lijkt toe te nemen. Gerapporteerd worden bijvoorbeeld hoofdpijn en migraine, vermoeidheid, slapeloosheid, concentratieproblemen, jeuk en warmte-sensaties. Als veroorzakers van deze klachten worden vooral mobiele telefoons, basisstations en DECT draadloze telefoons genoemd, en tegenwoordig ook steeds vaker draadloze computernetwerksystemen. Andere, minder vaak gerapporteerde klachten zijn duizeligheid, problemen met zien, geheugenverlies, verwarring, gebitspijn en misselijkheid. Een recent onderzoek onder ruim 30 000 inwoners van Duitsland gaf aan dat 18,7% van de deelnemers bezorgd is over mogelijke gezondheidseffecten van de elektromagnetische velden van GSM en UMTS-basisstations, terwijl 10.3% hun gezondheidsklachten daaraan toeschrijft.¹²¹ Ook het aantal mensen dat zich op grond van dergelijke klachten als elektrogevoelig beschouwt lijkt te groeien.

De gezondheidsproblemen die in verband gebracht worden met blootstelling aan elektromagnetische velden zijn uiteenlopend en niet specifiek voor een algemeen erkend ziektebeeld.

In dit hoofdstuk wordt onderzocht of er gronden zijn om gezondheidsklachten in verband te brengen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden.

5.2 Klachten en psychologische verklaringsmodellen

5.2.1 Klachten

Lichamelijke klachten, zoals hoofdpijn, vermoeidheid, concentratieproblemen, slaapproblemen, klachten van het bewegingsapparaat (met name lage rugpijn), maag-darmklachten en klachten met een mogelijk neurologische achtergrond komen in de algemene bevolking erg veel voor.^{122,123} De schattingen lopen, afhankelijk van de gebruikte onderzoeksmethoden en criteria, sterk uiteen; volgens Reid heeft 75 procent van de mensen op enig moment gedurende een periode van een maand tenminste één zo'n klacht.¹²⁴ Bij 3 tot 36 procent zou op jaarbasis sprake zijn van een meer uitgesproken syndroom. In tabel 1 staan gegevens uit 2007 over het voorkomen van malaiseklachten onder de Nederlandse bevolking van 4 jaar en ouder, die zijn geregistreerd in het Permanent Onderzoek Leef Situatie (POLS) van het Centraal Bureau voor de Statistiek.^{*125} Daarin is gevraagd naar het optreden van klachten in de 14 dagen voorafgaande aan het onderzoek.

Tabel 1 Voorkomen van malaiseklachten in de Nederlandse bevolking van 4 jaar en ouder in de 14 dagen voorafgaand aan het onderzoek^a.

Omschrijving	Voorkomen (%)	Standaardfout
Hoofdpijn	32,4	0,5
Moeheid	46,5	0,5
Slapeloosheid	21,7	0,5
Minstens 1 malaiseklacht	73,1	0,5

^a Steekproef onder 9 à 10 duizend personen

Bij sommige mensen wordt er na verloop van tijd een oorzaak gevonden, bij de meeste is dat echter niet het geval. In het laatste geval wordt doorgaans gesproken over lichamelijk onverklaarde klachten (LOK), waarbij het vooral van belang is dat er geen medische verklaring gevonden kan worden. De Engelse term geeft dit beter aan: *Medically Unexplained Physical Symptoms* (MUPS).

* Het POLS is een jaarlijks terugkerend onderzoek. De steekproef voor de gezondheidsenquête van 9 à 10 duizend personen is representatief voor de niet-institutionele bevolking van Nederland.

In een aantal opzichten is er ook een verband tussen psychiatrische stoornissen en LOK. Ten eerste zijn er verscheidene specifieke psychiatrische stoornissen waarbij het optreden van lichamelijke klachten en zorgen over de lichamelijke gezondheid centraal staan, de zogenaamde somatoforme stoornissen, zoals de somatisatie stoornis, conversie, hypochondrie, stoornis in de lichaamsbeleving en de psychogene pijnstoornis. Ten tweede is er bij verschillende onderzoeken een statistisch verband gevonden tussen het hebben van een psychiatrische stoornis in het algemeen en het optreden van LOK als bijkomend verschijnsel. Vooral bij patiënten met angststoornissen en depressie komen dergelijke klachten veel voor.¹²⁶

Het is overigens onjuist om ook het omgekeerde te concluderen, namelijk dat er bij LOK vaak sprake is van een psychiatrische stoornis.

5.2.2 Psychologische verklaringsmodellen

In de klinisch psychiatrische praktijk komen interne verklaringsmodellen (ziekte) overigens veel vaker voor dan externe (milieufactoren). Bij het optreden van LOK kunnen stress en attributie een rol spelen. Bij stress ontstaan er langs psychologische weg veranderingen in het lichaam, in het bijzonder in het autonome zenuwstelsel en in het hormonale samenspel tussen de hypothalamus, de hypofyse en de bijnier. De stressreactie is een fysiologische reactie op een bedreiging, die als doel heeft bescherming of afweer te kunnen bieden tegen die bedreiging. Zo'n stressreactie kan gepaard gaan met lichamelijke verschijnselen, zoals hartkloppingen, toegenomen spierspanning (die hoofdpijn tot gevolg kan hebben) of nervositeit. Overigens spelen naast de lichamelijke verschijnselen cognitieve factoren ook een belangrijke rol: ze zijn bepalend voor de mate waarin een bepaalde gebeurtenis of situatie als bedreigend wordt ervaren.

Attributie is een term uit de psychologie die meestal gedefinieerd wordt als: het toeschrijven van klachten aan een bepaalde mogelijke oorzaak. Attributie wordt bepaald door vele factoren, bijvoorbeeld wat iemand eerder heeft meegeemaakt, zijn persoonlijkheid en stemming, én externe factoren zoals de heersende opvattingen over de oorzaken van ziekten. Stress en attributie kunnen beide optreden en elkaar en de LOK versterken.¹²⁷

Bij de verklaring van LOK is verder het nocebo-effect van belang; dit treedt op wanneer iemand onder invloed van een *verwachte* reactie op een blootstelling een negatieve reactie ontwikkelt zonder dat die blootstelling werkelijk plaatsvindt of als veroorzaker van de reactie aannemelijk is.

Nocebo-effecten kunnen bijvoorbeeld mede een verklaring zijn voor klachten die optreden na milieurampen. Havenaar vond aanwijzingen dat de opvatting dat

men een sterk verminderde gezondheid heeft statistisch gecorreleerd is aan de perceptie van het risico van de ramp.¹²⁸ Mensen die de ramp als gevaarlijk beschouwden en die meenden minder controle te hebben over hun blootstelling, hadden na de ramp meer klachten en gingen vaker naar de dokter dan mensen die de ramp als minder gevaarlijk beschouwden.

Risicoperceptie wordt van groot belang geacht bij het optreden van ongerustheid over lokale milieufactoren, waaronder blootstelling aan elektromagnetische velden.²⁷ Naast individuele factoren spelen ook maatschappelijke factoren daarbij een rol, met name de wijze waarop in de samenleving over de risicofactor gecommuniceerd wordt.

5.3 Hoe vaak komen de klachten voor?

In enkele landen is de mate van vóórkomen van LOK onderzocht in relatie tot blootstelling aan elektromagnetische velden.¹²⁹⁻¹³³ Uit deze onderzoeken blijkt dat een paar procent van de totale bevolking dit soort klachten ondervindt en ze toeschrijft aan een dergelijke blootstelling (de spreiding in die schatting is echter groot, wat betekent dat de nauwkeurigheid klein is). Een mogelijke oorzaak van het verantwoordelijk houden van elektromagnetische velden voor LOK is de wijze waarop de overheid, de media en actievoerders in de verschillende landen over dit onderwerp communiceren. En dat is weer van invloed op de risicoperceptie.

5.4 Is er een oorzakelijk verband?

5.4.1 Onderzoek aan bevolkingsgroepen

Een bezwaar dat tegen provocatieonderzoeken ingebracht wordt, is dat de blootstelling slechts gedurende een relatief korte periode plaatsvindt, maar dat de klachten in de praktijk pas optreden na veel langduriger blootstelling; denk aan de continue blootstelling die in de woon- of werkomgeving plaatsvindt. Het is daarom van belang om ook dergelijke situaties te onderzoeken. Een onderzoekstechnisch probleem daarbij is dat het vrijwel onmogelijk is om in de woonomgeving op een wetenschappelijk verantwoorde manier invloed uit te oefenen op de mate van blootstelling onder enkel- of dubbelblinde omstandigheden. De onderzoeken die zijn gedaan zijn daarom vrijwel allemaal inventariserend van aard, waarbij het optreden van de klachten en de mate van blootstelling door middel van vragenlijsten zijn vastgesteld. Aan die onderzoeken kleven diverse methodologische bezwaren.

Het belangrijkste probleem is dat LOK subjectief zijn en daardoor moeilijk objectief geverifieerd kunnen worden. Bij onderzoek met vragenlijsten is het daarom van essentieel belang dat de ondervraagden niet van te voren weten wat het doel van het onderzoek is. Is dat wel het geval, dan kan de beantwoording van de vragen vertekend zijn, bijvoorbeeld doordat er – ten gevolge van de eerder genoemde attributie – overrapportage optreedt van klachten.

In de onderzoeken van Santini¹³⁴⁻¹³⁸ en Navarro¹³⁹ werd een verband gevonden tussen het wonen in de nabijheid van een GSM basisstation en het optreden van klachten: dichtbij het basisstation kwamen meer klachten voor dan verderaf. Hocking¹⁴⁰ vond dat mensen die veel gebruik maakten van een mobiele telefoon meer klachten rapporteerden dan degenen die minder belden. In deze onderzoeken is echter gevraagd naar het optreden van gezondheidsklachten in relatie tot het gebruik van een mobiele telefoon of het wonen in de buurt van een basisstation. De ondervraagden waren dus op de hoogte van het doel van het onderzoek. Een dergelijke opzet werkt hoe dan ook selectieve rapportage in de hand. Bovendien vormden de onderzochte populaties in deze onderzoeken geen representatieve steekproef. In het onderzoek van Santini onder omwonenden van basisstations, bijvoorbeeld, werden de deelnemers gerekruteerd door middel van oproepen in de pers, via de radio en op een website.¹³⁷ In het onderzoek van Navarro¹³⁹ geven de auteurs niet aan hoe de selectie van de deelnemers tot stand kwam. Wel werd de potentiële deelnemers gezegd dat het ging om een onderzoek naar mogelijke invloeden van een GSM-basisstation op de omgeving. Degenen die zich daar zorgen over maakten zijn naar alle waarschijnlijkheid eerder geneigd geweest aan het onderzoek deel te nemen dan anderen. Bovendien was de samenstelling van de groepen die dichtbij het basisstation en verderaf woonden niet gelijk. Ook in het onderzoek van Hocking onder gebruikers van mobiele telefoons werden de media ingezet om deelnemers te verkrijgen.¹⁴⁰ Deze onderzoeken geven dus geen goede informatie om een relatie tussen langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden en het optreden van klachten vast te kunnen stellen.

Een ander ouder onderzoek is dat naar slaapstoornissen en andere klachten onder omwonenden van een korte-golfzendstation bij Schwarzenburg in Zwitserland.¹⁴¹ Dit onderzoek is al eerder besproken in het advies *GSM-basisstations*.¹⁴² De commissie gaf toen aan het onderzoeksrapport te hebben bestudeerd en vraagtekens te zetten bij de opzet en uitvoering ervan. In een meer recente publicatie bespreken de onderzoekers het resultaat van de analyse van de slaapkwaliteit en het melatoninegehalte bij 54 vrijwilligers voor en na het sluiten van de zender.¹⁴³ Zij vonden toen de zender in werking was een afname van de slaapkwaliteit en van het melatoninegehalte bij toenemende magnetische veldsterkte.

Beide effecten verminderden toen de zender was uitgezet, maar alleen bij degenen die slecht sliepen. De onderzoekers geven aan dat het niet mogelijk was om de blootstelling te maskeren en dat derhalve kennis van de blootstelling bij de onderzochte personen het resultaat kan hebben beïnvloed.

De commissie vindt dat de gegevens uit het rapport en de publicatie niet aantonen dat er een oorzakelijk verband is tussen blootstelling aan de radiofrequente velden van het korte-golfstation en het optreden van slaapstoornissen of andere gezondheidsklachten.

De meer recente onderzoeken hebben over het algemeen een betere opzet. In een aantal onderzoeken is het optreden bestudeerd van gezondheidsklachten in relatie tot het gebruik van een mobiele telefoon. Chia en medewerkers onderzochten een willekeurig gekozen groep inwoners van een wijk in Singapore.^{144,145} Het specifieke doel van het onderzoek was aan de ondervraagden niet bekend, maar wel aan de interviewers. Gebruikers van een mobiele telefoon gaven vaker aan hoofdpijn te hebben dan niet-gebruikers, maar dat verschil was niet significant. Wel was er een trend dat hoofdpijn vaker voorkwam bij degenen die per dag langer belden en minder gebruik maakten van een *handsfree* set. Deze trend kan te maken hebben met een mogelijk andere levensstijl van frequente bellers, iets wat echter niet onderzocht is.

Mortazawi en medewerkers onderzochten onder studenten van twee Iraanse universiteiten het verband tussen het gebruik van een mobiele telefoon en gezondheidsklachten.¹⁴⁶ De resultaten wezen niet op dergelijk een verband; de opzet van het onderzoek was echter niet goed, want er werd een zelf in te vullen vragenlijst gebruikt en de ondervraagden waren bekend met het doel van het onderzoek.

Söderqvist en medewerkers onderzochten een jongere leeftijdsgroep: 15-19 jaar.¹⁴⁷ Deelnemers werden willekeurig geselecteerd uit een bevolkingsregister en het onderzoek werd uitgevoerd met behulp van een vragenlijst. Frequentie gebruikers van een mobiele telefoon rapporteerden astmatische klachten, hoofdpijn en concentratieproblemen vaker dan de niet-frequentie bellers (de eerstgenoemde twee klachten werden overigens ook door gebruikers van DECT-telefoons gerapporteerd). De auteurs geven zelf al aan dat selectieve beantwoording een rol kan spelen, evenals toeval als gevolg van het grote aantal onderzochte relaties, waarvoor niet is gecorrigeerd. Bovendien was de deelname slechts 63,5%, wat ook tot vertekening van de resultaten kan leiden. De auteurs beschouwen dit als een verkennend onderzoek.

Hutter en medewerkers voerden in Oostenrijk een onderzoek uit onder mensen die langer dan een jaar in de buurt van één van tien geselecteerde basisstations woonden.¹⁰ De onderzoekers namen bij de onderzochte personen diverse

cognitieve tests af, en het al dan niet voorkomen van een lange lijst klachten werd onderzocht. Ook werd er geregistreerd of mensen bang waren voor nadelige effecten op de gezondheid door de aanwezigheid van het basisstation. De sterkte van de elektromagnetische velden werd kortdurend gemeten in de slaapkamer en daaruit is de blootstelling berekend. Die berekende waarden zijn vervolgens gebruikt om een relatie met de cognitieve functies en klachten te analyseren (waarbij gecorrigeerd werd voor bezorgdheid over de aanwezigheid van het basisstation). De onderzoekers vonden dat er bij hogere veldsterktes sprake is van een verhoogde reactiesnelheid en een vaker voorkomen van hoofdpijn. Een probleem is echter dat de gehanteerde veldsterktes niet de reële waarden zijn, maar de maximaal mogelijke op grond van de eenmalige meting. Ze geven daarmee geen juist beeld van het feitelijke blootstellingspatroon van de onderzochte mensen. De gevonden relatie met bepaalde effecten is dan ook geen feitelijke relatie maar een theoretische. Een ander probleem is, dat er door de wijze van selecteren sprake kan zijn van zelfselectie van deelnemers; een aanwijzing daarvoor is dat er verschillen waren tussen deelnemers en niet-deelnemers: niet-deelnemers waren gemiddeld jonger en woonden korter op hun huidige adres dan deelnemers. Dit kan de uitkomst vertekenen. Een derde punt van zorg: er is geen correctie uitgevoerd voor het grote aantal relaties dat is onderzocht; de beschreven significante relaties zijn hierdoor mogelijk een gevolg van toeval.

De commissie vindt dit op zich een goed opgezet onderzoek in de woonomgeving. Vanwege het niet-experimentele karakter en de aangegeven punten van kritiek kunnen er echter geen conclusies uit worden getrokken over de vraag of het wonen in de nabijheid van een GSM-basisstation de oorzaak is van gezondheidsklachten, iets wat de onderzoekers overigens ook zelf aangeven. De commissie is het dan ook met de onderzoekers eens dat het nodig is om het onderzoek, in een verbeterde opzet, te herhalen.

Het meest recent zijn twee onderzoeken die zijn uitgevoerd in het kader van een Duits onderzoeksprogramma. In beide is de blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden gemeten en een verband onderzocht met het optreden van gezondheidsklachten.

Thomas en medewerkers onderzochten 329 volwassenen die deelnamen aan een breder onderzoek naar geluid en welbevinden.¹⁴⁸ De deelnemers droegen een persoonlijke dosimeter gedurende 24 uur en vulden vragenlijsten in die gericht waren op acute of chronische effecten (in de zes maanden voor het onderzoek). De onderzoekers berekenden de gemiddelde blootstelling aan de twee GSM frequenties, UMTS, DECT en WLAN, zowel voor de signalen afkomstig van basisstations als mobiele toestellen. De blootstelling was niet gerelateerd aan het

optreden van acute of chronische gezondheidsklachten. Zoals de auteurs al aangeven, is het mogelijk dat er overrapportage van gezondheidsklachten heeft plaatsgevonden, doordat de deelnemers zich er van bewust waren dat hun blootstelling werd gemeten. Doordat zij echter niet wisten wat de daadwerkelijke blootstelling was, kan dat alleen leiden tot willekeurige misclassificatie (zie paragraaf 3.4.2) en daarom tot onderschatting van het effect.

Berg-Beckhoff en medewerkers onderzochten het optreden van gezondheidsklachten in een groep van 3.526 volwassenen, die onderdeel uitmaakten van een algemene enquête populatie van ruim 51.000 personen.¹⁴⁹ De deelnemers waren vooraf niet op de hoogte van het doel van het onderzoek en vulden lijsten in met vragen over gezondheidsklachten en de opvattingen over de risico's van basisstations voor mobiele telefonie. Bij 1500 deelnemers werd in de slaapkamer overdag een aantal metingen verricht naar de veldsterkte van onder meer GSM en UMTS-frequenties. Daarbij werden alleen de signalen afkomstig van de basisstations gebruikt voor de analyse, niet die van de telefoons. De onderzoekers vonden in deze subgroep geen verband tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van gezondheidsklachten. Wel was er in de gehele groep een verband tussen het optreden van klachten en het toeschrijven van gezondheidseffecten aan signalen van basisstations (attributie, zie paragraaf 5.2.2). De onderzoekers geven zelf aan dat de kans op misclassificatie groot is. Er werden geen metingen op meerdere dagen verricht en de variatie van dag tot dag in de blootstelling werd niet bepaald. Een dergelijke meetstrategie leidt tot verzwakking van het statische verband tussen blootstelling en gezondheidsklachten. Het is niet duidelijk waarom de onderzoekers niet zijn overgegaan tot het groeperen van hun meetgegevens.^{150,151}

5.4.2 *Onderzoek in het laboratorium*

In een aantal laboratoriumonderzoeken, die plaats vinden onder veel beter gecontroleerde omstandigheden dan onderzoeken onder de bevolking, is het optreden van LOK onder invloed van blootstelling aan elektromagnetische velden bestudeerd. In degelijke onderzoeken zijn geen duidelijke en consistente aanwijzingen gevonden voor een oorzakelijk verband.^{115-118,152-158} In het onderstaande worden een aantal voorbeelden van laboratoriumonderzoek besproken.

Een onderzoek van TNO gaf aanwijzingen dat blootstelling gedurende 20-25 minuten aan een UMTS-achtig signaal met een sterkte zoals in de woonomgeving voor kan komen, een negatieve invloed op het welbevinden kan hebben (dit onderzoek is in een eerder advies uitvoerig besproken).^{115,118} Het welbevinden werd geïnventariseerd met behulp van een vragenlijst die onder meer vragen naar

lichamelijk klachten bevatte. In haar advies heeft de commissie echter aangegeven dat het ontbreken van een validatie van de vragenlijst die TNO gebruikt heeft voor dit soort onderzoek een probleem is. Andere onderzoeken, die gebruik maakten van wel gevalideerde vragenlijsten, hebben geen effect van GSM- of UMTS-blootstelling op het welbevinden gevonden. Een voorbeeld is het onderzoek van Regel in Zwitserland. Dat was opgezet als een vervolgstudie van het TNO-onderzoek en vond ook bij 45 minuten blootstelling aan een tien maal zo hoog niveau als TNO gebruikte geen effect op het welbevinden.¹¹⁶ In het Jaarbericht 2006 concludeerde de commissie dat de kwaliteit van dit onderzoek ten opzichte van dat van TNO verbeterd was en dat zij aan de resultaten meer gewicht hecht dan aan die van het TNO-onderzoek.⁴

In zowel het TNO- als het Zwitserse onderzoek vond blootstelling plaats van het gehele lichaam; de energieafgifte in het hoofd (uitgedrukt in de *Specific Absorption Rate*; SAR) was relatief gering. Voor blootstelling van het gehele lichaam is de door de Gezondheidsraad en de *International Commission for Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) geadviseerde maximumwaarde 0,08 W/kg (=80 mW/kg).^{20,159} De SAR in het hoofd lag in beide onderzoeken ruimschoots onder deze waarde. In het TNO-onderzoek was de gevonden maximale waarde 0,078 mW/kg, in het onderzoek van Regel 0,45 mW/kg.

In een recent onderzoek bestudeerde Kleinlogel¹⁶⁰ het effect op het welbevinden van GSM- en UMTS-blootstelling gedurende 30 minuten; de blootstelling vond plaats door middel van een aan het hoofd bevestigde antenne (alleen het hoofd werd dus blootgesteld). Voor een dergelijke situatie is de door de Gezondheidsraad en ICNIRP geadviseerde maximumwaarde voor de SAR 2 W/kg. De blootstelling in het onderzoek van Kleinlogel was 1 W/kg en is representatief voor de situatie bij het gebruik van een mobiele telefoon. Dit onderzoek toonde geen effect op het welbevinden aan.

Het laatste hier besproken voorbeeld is een onderzoek van Rubin.¹⁵⁶ Hierin werden proefpersonen gedurende 50 minuten op het hoofd blootgesteld aan een GSM-sigitaal resulterend in een SAR van 1,4 W/kg. De ene groep bestond uit mensen die aangegeven hadden gemiddeld al na 6,5 minuut gebruik van een GSM-telefoon last te krijgen van hoofdpijn en andere klachten; de andere groep was een controlegroep die dergelijke klachten niet vertoonde. In geen van beide groepen werd een effect gevonden van de blootstelling op het optreden van hoofdpijn of andere klachten. Na afloop van het onderzoek kreeg ieder van de deelnemers uit de groep met klachten te horen dat het onderzoek geen verband tussen blootstelling en klachten had opgeleverd én of zij individueel de aanwezigheid van een elektromagnetisch veld al of niet correct hadden aangegeven.¹⁶¹ Vervolgens werd na zes maanden gemeten of hun klachten en hun opvatting over

de oorzaak waren veranderd. Bij 17 van de 61 onderzochten leek de terugkoppeling te leiden tot een andere opvatting over de oorzaak van de gezondheidsklachten, maar niet tot een vermindering ervan.

Uit alle hier besproken onderzoeken blijkt bovendien dat mensen die hun klachten aan elektromagnetische velden toeschrijven die velden niet beter of slechter kunnen waarnemen dan degenen die dergelijke klachten niet hebben. In één onderzoek is gevonden dat sommige mensen onder speciale omstandigheden de aanwezigheid van laagfrequente velden kunnen waarnemen.¹⁶² Een mogelijke verklaring hiervoor is dat sommige mensen de door de velden opgewekte elektrische stroompjes al bij een lager niveau waarnemen dan anderen; iets wat in ander onderzoek werd aangetoond.¹⁶³ Dit betere vermogen tot waarnemen van laagfrequente velden is niet gerelateerd aan het optreden van klachten. Voor radiofrequente velden blijkt uit geen enkel onderzoek dat sommige mensen deze velden kunnen waarnemen bij niveaus van blootstelling zoals die in het dagelijks leven voor kunnen komen.

Wel blijkt uit de verschillende onderzoeken dat er een verband bestaat tussen de klachten en de *veronderstelling* blootgesteld te worden.^{164,165} Een voorbeeld is het eerder genoemde onderzoek van Regel.¹¹⁶ Hierin was de veronderstelling dat er een elektromagnetisch veld aanwezig was positief gecorreleerd met een vermindering van het welbevinden. Die correlatie was er niet met de daadwerkelijke blootstelling. Dit is een goed voorbeeld van het nocebo-effect (zie paragraaf 5.2.2), een bekend verschijnsel bij dit soort klachten. De Gezondheidsraadadviezen *Ongerustheid over milieufactoren - risicocommunicatie, blootstellingsbeoordeling en clusteronderzoek*²⁷ en *Het chronische-vermoeidheidssyndroom*¹⁶⁶ gaan uitgebreid op dit fenomeen in.

5.4.3 Experimenteel onderzoek in de woonomgeving

In een recent onderzoek van Leitgeb en medewerkers in Oostenrijk is een omgekeerde aanpak gevolgd: er is niet blootgesteld, maar juist afgeschermd.¹⁶⁷ Het onderzoek was gericht op mensen met slaapstoornissen die zij toeschreven aan blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van basisstations voor mobiele telefonie. Bij elk van de onderzochte personen werd er in huis met behulp van textiel dat elektrisch geleidend is een kooi van Faraday om het bed geconstrueerd. De veldsterkte werd hierdoor met circa een factor 10 gereduceerd. Als controlesituatie diende afscherming met materiaal dat niet elektrisch geleidend was maar niet van het andere materiaal was te onderscheiden. Bij de meeste van de 43 vrijwilligers had afscherming van het elektromagnetisch veld geen effect. Drie proefpersonen lieten een positieve invloed zien op de subjec-

tieve slaapkwaliteit, terwijl bij zes anderen zich een duidelijk placebo effect voordeed. Bij geen van hen kwamen deze bevindingen overeen met de objectief gemeten slaapkwaliteit. Bij vier vrijwilligers werd bij afscherming een verlenging van de tijd tot in slaap vallen gemeten, zonder enig effect op de subjectieve slaapkwaliteit.

5.5 Conclusie

Het beeld dat uit de beschikbare wetenschappelijke gegevens naar voren komt, is dat er geen oorzakelijk verband is tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van lichamelijk onverklaarde klachten. Wel is er een verband tussen de klachten en de *veronderstelling* blootgesteld te worden en daarmee naar alle waarschijnlijkheid de mate van risicoperceptie. Dat doet overigens niets af aan het feit dat die klachten er zijn en om een oplossing vragen.

Literatuur

-
- 1 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2001. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/14.
 - 2 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/1.
 - 3 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2005. Den Haag: Gezondheidsraad, 2005; publicatie nr 2005/14.
 - 4 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2006. Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatie nr 2007/06.
 - 5 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Kanttekeningen over mogelijke beperkingen bij MRI bij invoering van een EU richtlijn. Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatie nr 2007/17.
 - 6 Europees Parlement and Raad van de Europese Unie. Richtlijn 2008/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2008 tot wijziging van Richtlijn 2004/40/EG betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (achttiende bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG). Publicatiebl Eur Gemeensch, 2008; L114: 88-89.
 - 7 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden en gezondheid (briefadvies). Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatie nr 2007/24.
 - 8 Cook CM, Saucier DM, Thomas AW, e.a. Exposure to ELF magnetic and ELF-modulated radiofrequency fields: the time course of physiological and cognitive effects observed in recent studies (2001-2005). Bioelectromagnetics, 2006; 27(8): 613-627.
-

- 9 Hardell L, Mild KH, Carlberg M, e.a. Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones. *World J Surg Oncol*, 2006; 4: 74.
- 10 Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, e.a. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med*, 2006; 63(5): 307-313.
- 11 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Hoogspanningslijnen (briefadvies). Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatie nr 2007/25.
- 12 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Hoogspanningslijnen (briefadvies). Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatie nr 2008/04.
- 13 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. BioInitiative rapport (briefadvies). Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatie nr 2008/17.
- 14 BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF). Internet: www.bioinitiative.org. Geraadpleegd 31-8-2007.
- 15 WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. *Environmental Health Criteria* 238, Geneva: World Health Organization, 2007.
- 16 WHO - World Health Organization. Static fields. *Environmental Health Criteria* 232, Geneva: World Health Organization, 2006.
- 17 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. 2002; (80).
- 18 AGNIR - Advisory Group on Non-ionising Radiation. Health effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Doc NRPB*, 2003; 14(2).
- 19 SSI - Independent Expert Group on Electromagnetic Fields. Recent research on EMF and health risks. Fifth Annual Report. 2008; SSI Report 2008:12.
- 20 ICNIRP - 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; 74(4): 494-522.
- 21 Bradford Hill A. The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*, 1965; 58: 295-300.
- 22 Rothman KJ, Greenland S, and Lash TL. *Modern epidemiology*. 3rd, Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2008.
- 23 Schüz J, Jacobsen R, Olsen JH, e.a. Cellular telephone use and cancer risk: update of a nationwide Danish cohort. *J Natl Cancer Inst*, 2006; 98(23): 1707-1713.
- 24 Christensen HC, Schüz J, Kosteljanetz M, e.a. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J Epidemiol*, 2004; 159(3): 277-283.
- 25 Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, e.a. Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup Environ Med*, 2006; 63(12): 802-807.
- 26 Lahkola A, Salminen T, and Auvinen A. Selection bias due to differential participation in a case-control study of mobile phone use and brain tumors. *Ann Epidemiol*, 2005; 15(5): 321-325.
-

- 27 Gezondheidsraad. Ongerustheid over lokale milieufactoren; risicocommunicatie, blootstellingsbeoordeling en clusteronderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/10.
- 28 Neutra RR. Counterpoint from a cluster buster. *Am J Epidemiol*, 1990; 132(1): 1-8.
- 29 Borbély AA, Huber R, Graf T, e.a. Pulsed high-frequency electromagnetic field affect human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett*, 1999; 275: 207-210.
- 30 Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, e.a. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin Neurophysiol*, 2002; 113(10): 1623-1632.
- 31 Curcio G, Ferrara M, Moroni F, e.a. Is the brain influenced by a phone call? An EEG study of resting wakefulness. *Neurosci Res*, 2005; 53(3): 265-270.
- 32 D'Costa H, Trueman G, Tang L, e.a. Human brain wave activity during exposure to radiofrequency field emissions from mobile phones. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2003; 26(4): 162-167.
- 33 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, e.a. Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials. *Eur J Appl Physiol*, 2000; 81(1-2): 18-27.
- 34 Hinrikus H, Parts M, Lass J, e.a. Changes in human EEG caused by low level modulated microwave stimulation. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(6): 431-440.
- 35 Huber R, Graf T, Cote KA, e.a. Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport*, 2000; 11(15): 3321-3325.
- 36 Huber R, Treyer V, Borbély AA, e.a. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res*, 2002; 11(4): 289-295.
- 37 Kramarenko AV and Tan U. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: a brain mapping study. *Int J Neurosci*, 2003; 113(7): 1007-1019.
- 38 Maby E, Le Bouquin JR, and Faucon G. Short-term effects of GSM mobiles phones on spectral components of the human electroencephalogram. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2006; 1: 3751-3754.
- 39 Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, e.a. Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport*, 2007; 18(8): 803-807.
- 40 Reiser H, Dimpfel W, and Schober F. The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res*, 1995; 1(1): 27-32.
- 41 Hietanen M, Kovala T, and Hamalainen AM. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scand J Work Environ Health*, 2000; 26(2): 87-92.
- 42 Perentos N, Croft RJ, McKenzie RJ, e.a. Comparison of the effects of continuous and pulsed mobile phone like RF exposure on the human EEG. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2007; 30(4): 274-280.
- 43 Röschke J and Mann K. No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*, 1997; 18(2): 172-176.
- 44 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, e.a. Effects of weak mobile Phone-Electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 479-487.
- 45 Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, e.a. The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*, 2007.
-

- 46 Arns M, Van LG, Sumich A, e.a. Electroencephalographic, personality, and executive function
measures associated with frequent mobile phone use. *Int J Neurosci*, 2007; 117(9): 1341-1360.
- 47 Mann K and Röschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep.
Neuropsychobiology, 1996; 33(1): 41-47.
- 48 Wagner P, Röschke J, Mann K, e.a. Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency
electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions.
Bioelectromagnetics, 1998; 19(3): 199-202.
- 49 Wagner P, Röschke J, Mann K, e.a. Human sleep EEG under the influence of pulsed radiofrequency
electromagnetic fields: Results from polysomnographies using submaximal high power flux
densities. *Neuropsychobiology*, 2000; 42(4): 207-212.
- 50 Fritzer G, Goder R, Friege L, e.a. Effects of short- and long-term pulsed radiofrequency
electromagnetic fields on night sleep and cognitive functions in healthy subjects.
Bioelectromagnetics, 2007; 28(4): 316-325.
- 51 Huber R, Schuderer J, Graf T, e.a. Radio frequency electromagnetic field exposure in humans:
Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. *Bioelectromagnetics*,
2003; 24(4): 262-276.
- 52 Hung CS, Anderson C, Horne JA, e.a. Mobile phone 'talk-mode' signal delays EEG-determined sleep
onset. *Neurosci Lett*, 2007; 421(1): 82-86.
- 53 Loughran SP, Wood AW, Barton JM, e.a. The effect of electromagnetic fields emitted by mobile
phones on human sleep. *Neuroreport*, 2005; 16(17): 1973-1976.
- 54 Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, e.a. Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-
dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. *J Sleep Res*, 2007; 16(3): 253-
258.
- 55 Reite M, Higgs L, Lebet JP, e.a. Sleep inducing effect of low energy emission therapy.
Bioelectromagnetics, 1994; 15(1): 67-75.
- 56 Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, e.a. Effects of electromagnetic field emitted by cellular
phones on the EEG during a memory task. *Neuroreport*, 2000; 11(4): 761-764.
- 57 Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, e.a. Effects of electromagnetic fields emitted by cellular
phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. *Int J Radiat Biol*, 2000;
76(12): 1659-1667.
- 58 Krause CM, Haarala C, Sillanmaki L, e.a. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones
on the EEG during an auditory memory task: a double blind replication study. *Bioelectromagnetics*,
2004; 25(1): 33-40.
- 59 Krause CM, Pesonen M, Haarala BC, e.a. Effects of pulsed and continuous wave 902 MHz mobile
phone exposure on brain oscillatory activity during cognitive processing. *Bioelectromagnetics*, 2007;
28(4): 296-308.
- 60 Ferreri F, Curcio G, Pasqualetti P, e.a. Mobile phone emissions and human brain excitability. *Ann
Neurol*, 2006; 60(2): 188-196.
-

- 61 Krause CM, Björnberg CH, Pesonen M, e.a. Mobile phone effects on children's event-related oscillatory EEG during an auditory memory task. *Int J Radiat Biol*, 2006; 82(6): 443-450.
- 62 Hamblin DL, Croft RJ, Wood AW, e.a. The sensitivity of human event-related potentials and reaction time to mobile phone emitted electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(4): 265-273.
- 63 Eulitz C, Ullsperger P, Freude G, e.a. Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. *Neuroreport*, 1998; 9(14): 3229-3232.
- 64 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, e.a. Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics*, 1998; 19(6): 384-387.
- 65 Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, e.a. Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clin Neurophysiol*, 2004; 115(1): 171-178.
- 66 Hinrichs H and Heinze HJ. Effects of GSM electromagnetic field on the MEG during an encoding-retrieval task. *Neuroreport*, 2004; 15(7): 1191-1194.
- 67 Jech R, Sonka K, Ruzicka E, e.a. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics*, 2001; 22: 519-528.
- 68 Maby E, Le Bouquin JR, Liegeois-Chauvel C, e.a. Analysis of auditory evoked potential parameters in the presence of radiofrequency fields using a support vector machines method. *Med Biol Eng Comput*, 2004; 42(4): 562-568.
- 69 Maby E, Jeannes RB, and Faucon G. Scalp localization of human auditory cortical activity modified by GSM electromagnetic fields. *Int J Radiat Biol*, 2006; 82(7): 465-472.
- 70 Urban P, Lukas E, and Roth Z. Does acute exposure to the electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? A pilot study. *Cent Eur J Public Health*, 1998; 6(4): 288-290.
- 71 Bak M, Sliwinska-Kowalska M, Zmyslony M, e.a. No effects of acute exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on brainstem auditory potentials in young volunteers. *Int J Occup Med Environ Health*, 2003; 16(3): 201-208.
- 72 Oysu C, Topak M, Celik O, e.a. Effects of the acute exposure to the electromagnetic field of mobile phones on human auditory brainstem responses. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2005; 262(10): 839-843.
- 73 Yuasa K, Arai N, Okabe S, e.a. Effects of thirty minutes mobile phone use on the human sensory cortex. *Clin Neurophysiol*, 2006; 117(4): 900-905.
- 74 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, e.a. Effects of weak mobile phone-Electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 488-497.
- 75 Arai N, Enomoto H, Okabe S, e.a. Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways. *Clin Neurophysiol*, 2003; 114(8): 1390-1394.
- 76 Bamio DE, Ceranic B, Cox R, e.a. Mobile telephone use effects on peripheral audiovestibular function: a case-control study. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(2): 108-117.
-

- 77 Janssen T, Boege P, Mikusch-Buchberg J, e.a. Investigation of potential effects of cellular phones on human auditory function by means of distortion product otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*, 2005; 117(3 Pt 1): 1241-1247.
- 78 Kerekhanjanarong V, Supiyaphun P, Naratrico J, e.a. The effect of mobile phone to audiologic system. *J Med Assoc Thai*, 2005; 88 Suppl 4: S231-S234.
- 79 Monnery PM, Srouji EI, and Bartlett J. Is cochlear outer hair cell function affected by mobile telephone radiation? *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2004; 29(6): 747-749.
- 80 Oktay MF and Dasdag S. Effects of intensive and moderate cellular phone use on hearing function. *Electromagn Biol Med*, 2006; 25(1): 13-21.
- 81 Ozturan O, Erdem T, Miman MC, e.a. Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol*, 2002; 122(3): 289-293.
- 82 Paglialonga A, Tognola G, Parazzini M, e.a. Effects of mobile phone exposure on time frequency fine structure of transiently evoked otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*, 2007; 122(4): 2174-2182.
- 83 Parazzini M, Bell S, Thuróczy G, e.a. Influence on the mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure. *Hear Res*, 2005; 208(1-2): 68-78.
- 84 Pau HW, Sievert U, Eggert S, e.a. Can electromagnetic fields emitted by mobile phones stimulate the vestibular organ? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005; 132(1): 43-49.
- 85 Sievert U, Eggert S, and Pau HW. Can mobile phone emissions affect auditory functions of cochlea or brain stem? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005; 132(3): 451-455.
- 86 Uloziene I, Uloza V, Gradauskiene E, e.a. Assessment of potential effects of the electromagnetic fields of mobile phones on hearing. *BMC Public Health*, 2005; 5(1): 39.
- 87 Aalto S, Haarala C, Bruck A, e.a. Mobile phone affects cerebral blood flow in humans. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2006; 26(7): 885-890.
- 88 Haarala C, Aalto S, Hautzel H, e.a. Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: a PET study. *Neuroreport*, 2003; 14(16): 2019-2023.
- 89 Huber R, Treyer V, Schuderer J, e.a. Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur J Neurosci*, 2005; 21(4): 1000-1006.
- 90 Curcio G, Ferrara M, De Gennaro L, e.a. Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport*, 2004; 15(1): 161-164.
- 91 Edelstyn N and Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*, 2002; 13(1): 119-121.
- 92 Eliyahu I, Luria R, Hareuveny R, e.a. Effects of radiofrequency radiation emitted by cellular telephones on the cognitive functions of humans. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(2): 119-126.
- 93 Keetley V, Wood AW, Spong J, e.a. Neuropsychological sequelae of digital mobile phone exposure in humans. *Neuropsychologia*, 2006; 44(10): 1843-1848.
- 94 Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, e.a. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport*, 2000; 11(2): 413-415.
- 95 Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, e.a. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport*, 2000; 11(8): 1641-1643.
-

- 96 Lass J, Tuulik V, Ferenets R, e.a. Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int J Radiat Biol*, 2002; 78(10): 937-944.
- 97 Maier R, Greter SE, and Maier N. Effects of pulsed electromagnetic fields on cognitive processes - a pilot study on pulsed field interference with cognitive regeneration. *Acta Neurol Scand*, 2004; 110(1): 46-52.
- 98 Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, e.a. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol*, 1999; 75(4): 447-456.
- 99 Smythe JW and Costall B. Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects. *Neuroreport*, 2003; 14(2): 243-246.
- 100 Besset A, Espa F, Dauvilliers Y, e.a. No effect on cognitive function from daily mobile phone use. *Bioelectromagnetics*, 2005; 26(2): 102-108.
- 101 Cinel C, Boldini A, Russo R, e.a. Effects of mobile phone electromagnetic fields on an auditory order threshold task. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28: 493-496.
- 102 Haarala C, Björnberg L, Ek M, e.a. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24(4): 283-288.
- 103 Haarala C, Ek M, Björnberg L, e.a. 902 MHz mobile phone does not affect short term memory in humans. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(6): 452-456.
- 104 Haarala C, Takio F, Rintee T, e.a. Pulsed and continuous wave mobile phone exposure over left versus right hemisphere: effects on human cognitive function. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28(4): 289-295.
- 105 Russo R, Fox E, Cinel C, e.a. Does acute exposure to mobile phones affect human attention? *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(3): 215-220.
- 106 Schmid G, Sauter C, Stepansky R, e.a. No influence on selected parameters of human visual perception of 1970 MHz UMTS-like exposure. *Bioelectromagnetics*, 2005; 26(4): 243-250.
- 107 Terao Y, Okano T, Furubayashi T, e.a. Effects of thirty-minute mobile phone use on visuo-motor reaction time. *Clin Neurophysiol*, 2006; 117(11): 2504-2511.
- 108 Curcio G, Valentini E, Moroni F, e.a. Psychomotor performance is not influenced by brief repeated exposures to mobile phones. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(3): 237-241.
- 109 Unterlechner M, Sauter C, Schmid G, e.a. No effect of an UMTS mobile phone-like electromagnetic field of 1.97 GHz on human attention and reaction time. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(2): 145-153.
- 110 Riddervold IS, Pedersen GF, Andersen NT, e.a. Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(4): 257-267.
- 111 Haarala C, Bergman M, Laine M, e.a. Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7: S144-S150.
- 112 Lee TM, Ho SM, Tsang LY, e.a. Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones. *Neuroreport*, 2001; 12(4): 729-731.

- 113 Lee TM, Lam PK, Yee LT, e.a. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field
emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*, 2003; 14(10): 1361-1364.
- 114 Preece AW, Goodfellow S, Wright MG, e.a. Effect of 902 MHz mobile phone transmission on
cognitive function in children. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7: S138-S143.
- 115 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. TNO-onderzoek naar effecten van GSM-
en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr
2004/13.
- 116 Regel SJ, Negovetic S, Röösli M, e.a. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive
performance. *Environ Health Perspect*, 2006; 114(8): 1270-1275.
- 117 Wilén J, Johansson A, Kalezić N, e.a. Psychophysiological tests and provocation of subjects with
mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(3): 204-214.
- 118 Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, e.a. Effects of global communication system
radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without
subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003; FEL-03-C148.
- 119 WHO International EMF Project. 2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields. Internet:
http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf. Geraadpleegd 6-2008.
- 120 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Voorstellen voor onderzoek naar effecten
van elektromagnetische velden (0 Hz - 300 GHz) op de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad,
2006; publicatie nr 2006/11.
- 121 Blettner M, Schlehofer B, Breckenkamp J, e.a. Mobile phone base stations and adverse health effects:
phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med*, 2009; 66(2):
118-123.
- 122 Escobar JL, Hoyos-Nervi C, and Gara M. Medically unexplained physical symptoms in medical
practice: a psychiatric perspective. *Environ Health Perspect*, 2002; 110 Suppl 4: 631-636.
- 123 Eriksen HR and Ursin H. Sensitization and subjective health complaints. *Scand J Psychol*, 2002;
43(2): 189-196.
- 124 Reid S, Wessely S, Crayford T, e.a. Frequent attenders with medically unexplained symptoms:
service use and costs in secondary care. *Br J Psychiatry*, 2002; 180: 248-253.
- 125 Centraal Bureau voor de Statistiek. Gezondheid en zorg in cijfers 2008. Den Haag: Centraal Bureau
voor de Statistiek, 2008.
- 126 Mayou R and Farmer A. ABC of psychological medicine: Functional somatic symptoms and
syndromes. *BMJ*, 2002; 325(7358): 265-268.
- 127 Salkovskis PM. The cognitive approach to anxiety: threat beliefs, safety-seeking behavior, and the
special case of health anxiety and obsessions. In: *Frontiers of cognitive therapy*, Salkovskis PM, Eds.
New York: The Guilford Press, 1996.
- 128 Havenaar JM, de Wilde EJ, van den Bout J, e.a. Perception of risk and subjective health among
victims of the Chernobyl disaster. *Soc Sci Med*, 2003; 56(3): 569-572.
- 129 Eriksson NM and Stenberg BG. Baseline prevalence of symptoms related to indoor environment.
Scand J Public Health, 2006; 34(4): 387-396.
-

- 130 Schröttner J and Leitgeb N. Sensitivity to electricity--temporal changes in Austria. *BMC Public Health*, 2008; 8: 310.
- 131 Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, e.a. Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health*, 2002; 28(1): 33-41.
- 132 Levallois P, Neutra R, Lee G, e.a. Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California. *Environ Health Perspect*, 2002; 110 Suppl 4: 619-623.
- 133 Rösli M, Moser M, Baldinini Y, e.a. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure--a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health*, 2004; 207(2): 141-150.
- 134 Santini R, Seigne M, and Bonhomme-Faivre L. [Danger of cellular telephones and their relay stations]. *Pathol Biol (Paris)*, 2000; 48(6): 525-528.
- 135 Santini R, Santini P, Danze JM, e.a. [Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex]. *Pathol Biol (Paris)*, 2002; 50(6): 369-373.
- 136 Santini R, Santini P, Danze JM, e.a. [Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II/ Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors]. *Pathol Biol (Paris)*, 2003; 51(7): 412-415.
- 137 Santini R, Santini P, Le Ruz P, e.a. Survey of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003; 22: 41-49.
- 138 Santini R, Seigne M, Bonhomme-Faivre L, e.a. Symptomes rapportés par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. *Pathol Biol (Paris)*, 2001; 49(3): 222-226.
- 139 Navarro E, Segura J, Portolés M, e.a. The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003; 22(2): 161-169.
- 140 Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med (Oxf)*, 1998; 48(6): 357-360.
- 141 Altpeter ES, Krebs T, Pfluger DH, e.a. Study on the health effects of the shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland. Bern: Bundesamt für Energiewirtschaft, 1995; BEW Publication Series Study No. 55.
- 142 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. GSM-basisstations. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/16.
- 143 Altpeter ES, Rösli M, Battaglia M, e.a. Effect of short-wave (6-22 MHz) magnetic fields on sleep quality and melatonin cycle in humans: the Schwarzenburg shut-down study. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(2): 142-150.
- 144 Chia SE, Chia HP, and Tan JS. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: a community study. *Environ Health Perspect*, 2000; 108(1): 1059-1062.
- 145 Chia SE, Chia HP, and Tan JS. Health hazards of mobile phones. Prevalence of headache is increased among users in Singapore. *BMJ*, 2000; 321(7269): 1155-1156.
-

- 146 Mortazavi SM, Ahmadi J, and Shariati M. Prevalence of subjective poor health symptoms associated
with exposure to electromagnetic fields among university students. *Bioelectromagnetics*, 2007;
28(4): 326-330.
- 147 Söderqvist F, Carlberg M, and Hardell L. Use of wireless telephones and self-reported health
symptoms: a population-based study among Swedish adolescents aged 15-19 years. *Environ Health*,
2008; 7: 18.
- 148 Thomas S, Kuhnlein A, Heinrich S, e.a. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-
being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 463-
470.
- 149 Berg-Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, e.a. Mobile phone base stations and adverse health effects:
phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup
Environ Med*, 2009; 66(2): 124-130.
- 150 Kromhout H and Loomis DP. The need for exposure grouping strategies in studies of magnetic fields
and childhood leukemia. *Epidemiology*, 1997; 8(2): 218-219.
- 151 Loomis D and Kromhout H. Exposure variability: concepts and applications in occupational
epidemiology. *Am J Ind Med*, 2004; 45(1): 113-122.
- 152 Hietanen M, Hamalainen AM, and Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure
to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics*, 2002; 23(4): 264-270.
- 153 Koivisto M, Haarala C, Krause CM, e.a. GSM phone signal does not produce subjective symptoms.
Bioelectromagnetics, 2001; 22(3): 212-215.
- 154 Lonne-Rahm S, Andersson B, Melin L, e.a. Provocation with stress and electricity of patients with
"sensitivity to electricity". *J Occup Environ Med*, 2000; 42(5): 512-516.
- 155 Oftedal G, Straume A, Johnsson A, e.a. Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled
provocation study. *Cephalalgia*, 2007; 27(5): 447-455.
- 156 Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, e.a. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within
participants double blind randomised provocation study. *BMJ*, 2006; 332(7546): 886-891.
- 157 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, e.a. Effects of weak mobile Phone-Electromagnetic fields (GSM,
UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 479-487.
- 158 Hillert L, Åkersted T, Lowden A, e.a. The effects of 884 MHz GSM wireless communication signals
on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics*, 2008;
29(3): 185-196.
- 159 Gezondheidsraad: Commissie Radiofrequente elektromagnetische velden. Radiofrequente
elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr
1997/01.
- 160 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, e.a. Effects of weak mobile Phone-Electromagnetic fields (GSM,
UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 479-487.
- 161 Nieto-Hernandez R, Rubin GJ, Cleare AJ, e.a. Can evidence change belief? Reported mobile phone
sensitivity following individual feedback of an inability to discriminate active from sham signals. *J
Psychosom Res*, 2008; 65(5): 453-460.
-

- 162 Mueller CH, Krueger H, and Schierz C. Project NEMESIS: perception of a 50 Hz electric and
magnetic field at low intensities (laboratory experiment). *Bioelectromagnetics*, 2002; 23(1): 26-36.
- 163 Leitgeb N and Schröttner J. Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity.
Bioelectromagnetics, 2003; 24(6): 387-394.
- 164 Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a
systematic review. *Environ Res*, 2008; 107(2): 277-287.
- 165 Rubin GJ, Munshi JD, and Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of
provocation studies. *Psychosom Med*, 2005; 67(2): 224-232.
- 166 Gezondheidsraad. Het chronische-vermoeidheidssyndroom. Den Haag: Gezondheidsraad, 2005;
publicatie nr 2005/02.
- 167 Leitgeb N, Schröttner J, Cech R, e.a. EMF-protection sleep study near mobile phone base-stations.
Somnologie, 2008; 12: 234-243.

A De commissie

Bijlage

De commissie

De commissie Elektromagnetische velden had bij het opstellen van dit Jaarbericht de volgende samenstelling:

- dr. G.C. van Rhoon, *voorzitter*
fysicus, Erasmus universitair Medisch Centrum Rotterdam
 - dr. L.M. van Aernsbergen, *adviseur*
fysicus, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag
 - prof. dr. ir. G. Brussaard
(emeritus)hoogleraar radiocommunicatie, Technische Universiteit Eindhoven
 - dr. G. Kelfkens, *adviseur*
fysicus, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven
 - prof. dr. H. Kromhout
hoogleraar arbeidshygiëne en blootstellingkarakterisering, Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht
 - prof. dr. ir. F.E. van Leeuwen
hoogleraar epidemiologie van kanker, Vrije Universiteit Amsterdam, epidemioloog; Nederlands Kanker Instituut, Amsterdam
 - dr. H.K. Leonhard, *adviseur*
fysicus, Ministerie van Economische Zaken, Groningen
 - prof. dr. W.J. Wadman
hoogleraar neurobiologie, Universiteit van Amsterdam
-

- D.H.J. van de Weerd, arts
toxicoloog en medisch milieukundige, Hulpverlening Gelderland Midden / GGD, Arnhem
- prof. dr. ir. A.P.M. Zwamborn
hoogleraar elektromagnetische effecten, Technische Universiteit Eindhoven / fysicus, TNO, Den Haag
- dr. E. van Rongen, *secretaris*
radiobioloog, Gezondheidsraad, Den Haag

De Gezondheidsraad en belangen

Leden van Gezondheidsraadcommissies – waaronder sinds 1 februari 2008 ook de leden van de RGO – worden benoemd op persoonlijke titel, wegens hun bijzondere expertise inzake de te behandelen adviesvraag. Zij kunnen echter, dikwijls juist vanwege die expertise, ook belangen hebben. Dat behoeft op zich geen bezwaar te zijn voor het lidmaatschap van een Gezondheidsraadcommissie.

Openheid over mogelijke belangenconflicten is echter belangrijk, zowel naar de voorzitter en de overige leden van de commissie, als naar de voorzitter van de Gezondheidsraad. Bij de uitnodiging om tot de commissie toe te treden wordt daarom aan commissieleden gevraagd door middel van het invullen van een formulier inzicht te geven in de functies die zij bekleden, en andere materiële en niet-materiële belangen die relevant kunnen zijn voor het werk van de commissie. Het is aan de voorzitter van de raad te oordelen of gemelde belangen reden zijn iemand niet te benoemen. Soms zal een adviseurschap het dan mogelijk maken van de expertise van de betrokken deskundige gebruik te maken. Tijdens de installatievergadering vindt een bespreking plaats van de verklaringen die zijn verstrekt, opdat alle commissieleden van elkaars eventuele belangen op de hoogte zijn.

Electromagnetic Fields: Annual Update 2008

to:

the Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment

the Minister of Health, Welfare and Sport

the State Secretary of Economic Affairs

the Minister of Social Affairs and Employment

No. 2009/02, The Hague, March 19, 2009

The Health Council of the Netherlands, established in 1902, is an independent scientific advisory body. Its remit is “to advise the government and Parliament on the current level of knowledge with respect to public health issues and health (services) research...” (Section 22, Health Act).

The Health Council receives most requests for advice from the Ministers of Health, Welfare & Sport, Housing, Spatial Planning & the Environment, Social Affairs & Employment, Agriculture, Nature & Food Quality, and Education, Culture & Science. The Council can publish advisory reports on its own initiative. It usually does this in order to ask attention for developments or trends that are thought to be relevant to government policy.

Most Health Council reports are prepared by multidisciplinary committees of Dutch or, sometimes, foreign experts, appointed in a personal capacity. The reports are available to the public.



The Health Council of the Netherlands is a member of the European Science Advisory Network for Health (EuSANH), a network of science advisory bodies in Europe.



The Health Council of the Netherlands is a member of the International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA), an international collaboration of organisations engaged with *health technology assessment*.

This report can be downloaded from www.healthcouncil.nl.

Preferred citation:

Health Council of the Netherlands. Electromagnetic Fields: Annual Update 2008. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2008; publication no. 2009/02.

all rights reserved

ISSN: 1871-3785



To the Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment

Subject : Presentation report *Electromagnetic Fields: Annual Update 2008*
Your reference: -
Our reference : U 5104/EvR/mj/673-P1
Enclosure(s) : 1
Date : March 19, 2009

Dear Minister,

One of the tasks of the Electromagnetic Fields Committee of the Health Council is to regularly report on scientific developments concerning possible health effects of exposure to electromagnetic fields. To this end, the Committee writes Annual Updates, that are reviewed in its final stage by the Health Council's Standing Committee on Radiation and Health. I herewith present you the fifth publication in this series. I have also presented this report today to the Minister of Health, Welfare and Sport, to the Minister of Social Affairs and Employment and to the State Secretary of Economic Affairs.

The Committee elaborates in this Annual Update 2008 upon the methods and criteria used to thoroughly evaluate scientific information. The Committee further discusses the relationship between electromagnetic fields and brain activity and that between electromagnetic fields and health symptoms. In both cases the Committee concludes that there is no scientific evidence that exposure to environmental levels of radiofrequency electromagnetic fields causes health problems. Since the perceived symptoms that some people attribute to such exposures seem to be especially related to the presumed exposure the focus should be on communication.

Yours sincerely,

(signed)
Prof. M. de Visser
Vice-president

P.O.Box 16052
NL-2500 BB The Hague
Telephone +31 (70) 340 57 30
Telefax +31 (70) 340 75 23
E-mail: e.van.rongen@gr.nl

Visiting Address
Parnassusplein 5
NL-2511 VX The Hague
The Netherlands
www.healthcouncil.nl

Contents

Executive summary 71

1	Introduction 75
1.1	Background 75
1.2	Function of the Annual Update 76
1.3	Organisation of this Annual Update 76
1.4	Future activities 76

2	Advisory reports published in 2007/2008 77
2.1	MRI Advisory Report 2007 77
2.2	Advisory letter on mobile telephony studies 2007 78
2.3	Advisory letter on high-voltage power lines 2007 78
2.4	Advisory letter on high-voltage power lines 2008 79
2.5	Advisory letter on the BioInitiative report 2008 80

3	How does the Committee assess scientific data? 81
3.1	Introduction 81
3.2	Importance of the quality of research 81
3.3	Criteria used to assess research 82
3.4	Interpretation of epidemiological research 84
3.5	Publication bias 89
3.6	Value of observations regarding disease clusters 89

3.7	Importance of research into biological effects	90
4	Radiofrequency electromagnetic fields and brain activity (studies involving human subjects)	93
4.1	Introduction	93
4.2	Electrical activity in the brain	94
4.3	Hearing and balance	96
4.4	Regional cerebral blood flow (rCBF)	97
4.5	Cognitive functioning	97
4.6	Conclusion	97
5	Radiofrequency electromagnetic fields and symptoms	99
5.1	Introduction	99
5.2	Symptoms and models for psychological explanations	100
5.3	How often do the symptoms occur?	102
5.4	Is there a causal link?	102
5.5	Conclusion	108
	References	109
	Annex	121
A	The committee	123

Executive summary

This is the fifth Annual Update of the Electromagnetic Fields Committee. After a brief overview of the advisory reports that have been published in the period under review, the Committee elaborates upon the approach and methods it uses in analysing scientific data. Following this, two themes are discussed:

- the influence of radiofrequency electromagnetic fields on brain activity and
- the relationship between exposure to such fields and the occurrence of symptoms.

How does the Committee evaluate information

The Committee's conclusions on health effects of exposure to electromagnetic fields are based on scientific data. It is very important for a correct interpretation of these data to have insight into the quality of the research, the way it has been designed and how the data have been collected and analysed. In its evaluation, the Committee puts a lot of weight on the quality of the research. In order to form an opinion on whether or not it is plausible that an association or effect exists, the Committee applies a number of specific criteria.

Epidemiological studies have a special place in the overall analysis because they consider effects in humans. Together with human experimental studies they are therefore very important. However, epidemiological studies suffer from the problem that it is often difficult to establish a causal relationship. One of the reasons for this is that the outcome of an epidemiological study can be distorted for

different methodological reasons. This may lead to a wrongful impression about cause and effect. Therefore, the Committee always considers possible confounders and biases in the evaluation of epidemiological studies; these are discussed in detail in this report.

The Committee bases its overall conclusions on *all* relevant scientific information at its disposal, both epidemiological data and data from human, animal and in vitro experimental studies. The scientific value of the individual studies is taken into account during this process. In that way a judgement is reached that is based upon the weight of evidence, a method that is considered as the most relevant by the scientific community and that is also used by other expert committees.

Biological versus health effects

A multicellular organism such as a human being is not simply the sum of individual cells or tissues, but has an added value that derives among others from the availability of mechanisms that neutralize possible harmful influences and circumstances. These mechanisms maintain the so-called homeostasis, the primary liferegulating function of multicellular organisms.

An effect on a biological system therefore does not necessarily have to lead to an adverse health effect. A health effect will only occur when homeostasis can no longer be maintained, that is, when a biological effect is potentially harmful and cannot or not sufficiently be compensated.

Brain activity

When a mobile phone is held against the head during a call, the brain is exposed to the electromagnetic fields emitted by the device, primarily in the part of the brain closest to the telephone. In recent years many studies have been performed into possible effects of this on the functioning of the brain.

In some studies subtle changes in natural electrical processes in the brain have been observed as a result of exposure to the electromagnetic fields emitted by a mobile telephone. However, these are very minor effects without any health influence on health, according to prevailing knowledge. Studies into effects on cognitive functioning are equivocal: in some studies small and reversible effects have been observed, other studies found no effect. Auditory functioning and body balance do not seem to be influenced by signals from mobile telephones.

In short: some effects on brain functions have been observed, but there are no indications that these indicate, or lead to, health effects.

Symptoms

The number of people attributing a variety of symptoms to various sources of electromagnetic fields in the home and at work seems to increase. They report for instance headache and migraine, fatigue, sleeplessness, concentration problems, itch and sensations of warmth. The number of people that consider themselves to be electrosensitive on the basis of such symptoms seems to be on the increase as well. People particularly attribute their symptoms to mobile phones, base stations, DECT cordless telephones, and now increasingly also to wireless computer network systems.

The prevalence of the symptoms in question within the general population is high. Often no medical explanation can be found, in which case they are generally referred to as medically unexplained physical symptoms.

Both in the living environment and in the laboratory, studies have been performed into a possible link between exposure to electromagnetic fields and the occurrence of symptoms. Several of these studies were not properly designed and cannot be used for the analysis. From the good quality scientific data emerges the picture that there is no causal relationship between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and the occurrence of symptoms. However, there is a relationship between symptoms and the *assumption* of being exposed and therefore most likely with the risk perception. Nevertheless, the symptoms do exist and require a solution.

Introduction

1.1 Background

Public concern about possible harmful effects of exposure to electromagnetic fields has substantially increased in recent years, partly owing to the upsurge in mobile telephony. This concern is the main reason why the Health Council is receiving an increasing number of questions on the subject. Questions come from the government and Parliament, as well as the press, stakeholder organisations and individual members of the public. The President of the Council accordingly set up the Electromagnetic Fields Committee on 6 March 2000. Initially appointed for four years, the Committee's mandate has since been repeatedly extended. The present appointment continues until the end of 2011.

The Electromagnetic Fields Committee (hereinafter 'the Committee') has the task of regularly reporting on developments concerning electromagnetic fields in relation to health, as is the case with this Annual Update 2008. The Committee also attends to requests from Ministers for advisory reports. Moreover, it reviews important scientific developments on an ad hoc basis, as required.

Details of the Committee's composition are provided in Annex A.

1.2 Function of the Annual Update

Each of the Committee's Annual Updates deals with subjects that have received attention in the scientific press and general media during the period under review. These may be issues that have been addressed in a previous advisory report but that need to be reviewed in the light of recent publications. The Committee may also review subjects not previously covered in its publications.

This is the Committee's fifth Annual Update on the subject; earlier Annual Updates appeared in May 2001¹, January 2004², November 2005³ and January 2007.⁴

1.3 Organisation of this Annual Update

Chapter 2 provides a brief summary of the advisory reports published in the period under review. Chapter 3 provides a more detailed discussion than previous publications of the criteria that the Committee uses to assess scientific data and how it reaches its final opinion on the effects that exposure to electromagnetic fields may have on health. Chapter 4 discusses laboratory studies involving human subjects conducted to determine the effects of radio frequency electromagnetic fields on brain functioning. Chapter 5 reviews research into health problems that people ascribe to using a mobile phone or living in the vicinity of a base station for mobile telephony.

1.4 Future activities

Many publications have appeared in recent years on epidemiological research into a possible relationship between the use of mobile phones and the occurrence of brain tumours. These include papers within the scope of the international INTERPHONE research programme. The available literature shows a number of different outcomes, however, and the final analysis of the INTERPHONE programme is not to be expected soon. In such situation a systematic analysis of the available data may provide clarity. The Committee has therefore commissioned such an analysis, focusing on the quality and completeness of all the data. The results of the analysis will be separately published in 2009.

Advisory reports published in 2007/2008

The following advisory reports have been published since the last Annual Update.

2.1 MRI Advisory Report 2007

The Committee warned in its advisory report entitled *Comments concerning possible MRI restrictions due to implementation of a EU Directive*,⁵ that problems could be expected in clinical practice in the event of the implementation of a European Directive intended to protect workers against the possible consequences of exposure to electromagnetic fields. As it is highly likely that some operations using MRI equipment result in medical staff being exposed to levels exceeding the limits set by the Directive, the operations would no longer be permitted. This would not only be a disadvantage for patients but also for medical staff, as the alternative would be a return to diagnostics using ionising radiation.

The Committee was critical of the limits for low frequencies stipulated in the European Directive and concluded that the Directive ought to be revised on this point. Moreover, the Committee called for a more precise determination of the exposure level of staff working in the vicinity of MRI equipment. It also thought it advisable to inform staff of possible unpleasant effects (such as vertigo and nausea) that can develop with rapid movement through the strong magnetic field that always surrounds MRI equipment. The Committee called on manufacturers to modify equipment with a view to minimising the levels to which workers are

exposed. The Committee concluded by recommending that workers' exposure be registered, thereby enabling an investigation in due course of a possible link between exposure and health problems among this group of workers.

The European Committee proposed, partly on the grounds of the aforementioned advisory report, that the Directive's scheduled implementation on 30 April 2008 should be postponed for four years. The European Parliament and Council of the European Union adopted this proposal.⁶

2.2 Advisory letter on mobile telephony studies 2007

In response to a request from the Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment, the Committee wrote an advisory letter⁷ containing its initial reaction to three scientific publications.⁸⁻¹⁰

The Minister asked the Health Council whether the published research results gave grounds for revising earlier conclusions regarding any effects that mobile telephony might have on health.

The Committee's conclusion on the basis of the aforementioned publications, as well as references it had previously discussed, was that the new research results gave no grounds for revising its original standpoints. The Committee maintained its conclusion that no causal link has thus far been demonstrated between health problems and exposure to electromagnetic fields generated by mobile phones or base stations for mobile telephony. However, the Committee believed that further scientific research into any such links was still warranted.

In the present Annual Update, the Committee presents a more in-depth discussion of the subjects covered in the articles by Cook⁸ and Hutter¹⁰. A systematic analysis commissioned by the Committee is currently underway of the available epidemiological references in relation to 'mobile phones and brain tumours'. The results of the analysis will be separately published in 2009.

2.3 Advisory letter on high-voltage power lines 2007

This advisory letter contained the Committee's answer to a question from the Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment concerning what the consequences of laying high-voltage power lines underground might be for the effects of exposure to the electric and magnetic fields generated by the power lines.¹¹

Laying lines underground reduces the electrical field strength to almost zero but the same does not apply to the magnetic field strength. The latter would probably be reduced somewhat, depending on the situation. However, the magnetic

field could actually be higher in a narrow strip above underground high-voltage cables than it is below overhead power lines.

The essential question is whether any health effects resulting from exposure to the electrical and magnetic fields that are generated would be reduced if the high-power lines were laid underground. This certainly applies to indirect effects that could result from any discharge current occurring upon touching large metal objects that are charged by the electric field. As there is no electric field when lines are laid underground, this effect cannot occur. Acute effects resulting from electric currents produced in the body do not occur below high-voltage power lines as the field strength is too low. The same applies when power lines are laid underground.

What remains is the possibility of long-term effects, especially with regard to a possible increase in the risk of childhood leukaemia. Epidemiological research has found an association between this and living close to overhead power lines and the long-term exposure to the stronger magnetic field associated with them. However, there are no indications that this link is causal. It is therefore not possible to say whether a reduction in the strength of the magnetic field when high-voltage power lines are laid underground will lead to a reduction in childhood leukaemia.

2.4 Advisory letter on high-voltage power lines 2008

The Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment put a number of additional questions to the Health Council after the presentation of the earlier advisory letter on high-voltage power lines.¹²

The first question asked whether field strength measurements could be used for making a scientifically well-founded assessment of the risk, especially in situations where there is no long-term exposure of the kind referred to in the 2005 recommendation of the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment.* The second question asked whether the product of the duration of exposure and the field strength could be used as a measure of the health risk. The Minister concluded by asking whether the available scientific information could be used as a basis for indicating whether an increase of the magnetic field

* In a letter of 3 October 2005 to local authorities, the then State Secretary for Housing, Spatial Planning and the Environment recommended that children should not be exposed in new situations to magnetic fields produced by overhead high-voltage power lines with an average annual field strength in excess of 0.4 µT. Epidemiological research has revealed an association with an increased risk of childhood leukaemia at field strengths above this value.

strength over 0.4 microtesla (μT) leads to an increase in the risk of childhood leukaemia.

The advisory letter stated that measuring the strength of the magnetic field only provides an initial impression of exposure and that more information would be required to assess a possible risk. Moreover, the advisory letter stated that, although epidemiological research may have found a link between an increased risk of childhood leukaemia and living in the vicinity of overhead power lines and the resulting long-term exposure to magnetic fields with an average strength exceeding 0.3-0.4 μT , there was no scientific substantiation for a causal link. The Committee deemed 'long-term' to mean 'a period of around 14-18 hours per day over a period of at least one year'. It is not possible to estimate the risk for shorter periods of exposure or to indicate whether risk increases in proportion to increases in field strength. The Committee concluded that there was no scientific substantiation for determining the size of the risk on the basis of a cumulative 'dose' in the form of the product of the duration and level of exposure.

2.5 Advisory letter on the BioInitiative report 2008

This advisory letter contains the Committee's comments¹³ on the BioInitiative report.¹⁴ This report is receiving increasing attention in society; it contains recommendations on establishing limits for exposure to electromagnetic fields that are much lower than the limits that currently apply in the Netherlands and many other countries.

The Committee concluded that the BioInitiative report is not a balanced and objective reflection of the current state of scientific knowledge. The Committee substantiated its conclusion by pointing out the way in which the BioInitiative report had been produced, the selective use made of scientific data, and other shortcomings. The report did not provide any grounds for a revision of the Committee's views on the risks of exposure to electromagnetic fields.

The BioInitiative report argued that any effect of electromagnetic fields on biological systems should be avoided. The Committee did not concur with this approach, as the occurrence of a biological effect cannot necessarily be equated with damage to health.

How does the Committee assess scientific data?

3.1 Introduction

The Committee has indicated in several earlier reports how and according to which criteria it evaluates scientific information and draws conclusion from it. Because regularly questions are still being asked on its methods of evaluation, the Committee decided to present a more elaborate discussion on this subject in this Annual Update. Special attention is given to the methods used in the evaluation of epidemiological studies.

3.2 Importance of the quality of research

The Committee's conclusions on the health effects of exposure to electromagnetic fields are based on an analysis of the scientific literature, especially articles published in peer-reviewed scientific journals.* For the identification of these publications the Committee uses several search profiles in the PubMed database, signalling by a specialized news service, its international network and 'snowballing'. The Committee also consults the so-called grey literature, such as scientific

* The peer review system means that an article is reviewed by colleagues (peers) before its publication. Although it is certainly not a watertight system, the Committee feels it can be seen as a reasonable initial step in quality control.

books, research reports commissioned by scientific institutes or organisations, or doctoral theses.

Abstracts of presentations at scientific conferences are not consulted, as the information they provide cannot be sufficiently verified to enable an estimate of the value of the research. This applies even more to articles in the lay press, such as in newspapers or on certain Internet sites. Such publications may have a signalling function, but the Committee never uses them as a basis for forming an opinion on scientific research. Scientists will not only publish the results of their work through media channels, but also through the appropriate (peer-reviewed) scientific channels, to enable the results to be verified by other scientists.

When interpreting scientific data, it is extremely important to have an insight into the quality of the research, the way it was set up, and how the data were collected and analysed. The required information is provided in papers published in scientific journals. The scientific value of the results of poorly organised research is in any case limited. But even if obtained from well-organised research, conclusions derived from incorrectly analysed and interpreted data are likewise unusable. The Committee therefore assesses, as far as possible, the scientific value of the studies it analyses.

The Committee's conclusions are ultimately based on *all* the scientific information it has available on a given subject, which therefore includes data from epidemiological research, as well as experimental research involving humans, laboratory animals or cultured cells. It also separately considers the scientific value of the individual studies. This approach enables the Committee to form an opinion based on the *weight-of-evidence*, a method that is considered worldwide as the most relevant and that is also used by other expert committees.¹⁵⁻²⁰ The Committee points out that when a large amount of data is already available (as is the case with electromagnetic fields), any individual (but qualitatively comparable study) will rarely change the results of the weight-of-evidence analysis. However, genuinely innovative research could, of course, change the results.

3.3 Criteria used to assess research

The Committee uses the following criteria to determine whether a link or effect is plausible:

- The research must be of a sufficiently high quality, according to current standards used in the scientific community, and it has preferentially been published in a peer-reviewed scientific journal.
 - The research results must have been shown to be reproducible (for laboratory research) or they must be consistent (for epidemiological research) when
-

compared to research previously conducted by other, independent researchers (preferably in different countries).

- The research results must be substantiated with a quantitative and statistical analysis that leads to the conclusion that a statistically significant relationship exists between exposure and effect.
- The extent to which the effect develops must be related to the strength of the stimulus; in other words, there must be a dose-response relationship. This does not, however, necessarily mean that the effect must increase in proportion to the stimulus. There could also be, for example, a resonance effect. This takes place when a given stimulus produces the maximum effect, whereas the effect is lower or absent for stimuli that are either stronger or weaker. There can also be a threshold: the effect then occurs only when a certain strength of the stimulus is exceeded.

A major consideration concerning the weight of evidence for a causal effect is whether a hypothesis acceptable to experts exists to explain how the stimulus could produce the effect. That is to say, whether there is a possible biological (or psychological) mechanism. However, the Committee does not stipulate knowledge of a mechanism as a necessary requirement for the plausibility of a causal link.

The following additional criteria apply to ensure the proper execution of (laboratory) research involving human subjects:

- The research must have a double-blind set-up. This means that neither the subjects nor the researchers know when exposure takes place. Meeting this requirement minimises the likelihood of biased results. Some older studies were single-blind, which means that only the study subjects were unaware of when exposure took place.
- The subjects act as their own control group, which means that they undergo a genuine as well as a sham exposure (a crossover design). Meeting this requirement prevents any pre-existing differences between groups from playing a role when research is conducted with an exposed and an unexposed group.
- The research must have a balanced set-up. This entails using all possible exposure sequences, with the same numbers of human subjects used in every combination. This minimises the likelihood of the results being affected by aspects involving familiarisation and learning.

3.4 Interpretation of epidemiological research

Because they involve a direct examination of the effects on humans, epidemiological studies are of key importance in research into health effects. They can therefore also play a major role, along with experimental studies involving human subjects, in interpreting the scientific data (as in the aforementioned weight-of-evidence approach). However, one problem with epidemiological research is that it is often difficult to ascertain whether there is a cause-effect relationship. This is only possible when the identified link between exposure and effect is relatively strong (a relative risk in excess of 10) or when there is a consistent, biologically plausible link that involves a dose-response relationship.

The plausibility of the causal link in epidemiological research generally increases in proportion to the fulfilment of the main criteria formulated by Bradford Hill^{21,22}:

- Strength of association: the stronger the association, the more likely a causal link.
- Consistency: the more often the results of different studies provide similar indications, the more likely a causal link.
- Temporality: there is a logical sequence in the timing of exposure and effect.
- Dose-response relationship: there is a link between the degree of exposure and the strength of the effect.
- Biological plausibility: it is plausible that the effect was caused by exposure.

Knowledge of a mechanism is particularly important for determining a causal link when epidemiological research reveals weak associations (a relative risk between approximately 0.5 and 2.0).

3.4.1 *Different types of epidemiological research*

There are two main categories of epidemiological research. The first type involves case-control studies. In these studies a comparison is made between a group of patients with a given disease (cases) and a group of disease-free people, and the nature of their exposure in the past is examined. Differences in the degree of exposure between the cases and the controls indicate a possible link between exposure and the occurrence of the disease. A major problem with research of this kind is obtaining accurate information on the nature of past exposure. Researchers are usually dependent on the memory of the study's participants. Memory may be influenced by a person being aware that he or she has a particu-

lar disease. Recollection of exposure may therefore differ between cases and controls. It is a recognised phenomenon in case-control studies that cases report their exposure more accurately than controls because the latter feel less involved in the study. It may also be the case that cases overestimate their exposure because they believe the exposure caused their disease. This is known as recall bias and can affect the study's outcome.

The second type of epidemiological research involves cohort studies. In these studies a large group of people (the cohort) is monitored over a long period. A record is kept of the type and level of exposure and whether diseases develop among the group. In due course, it is possible to determine whether a relationship exists between exposure and the occurrence of certain diseases. The research usually involves prospective (forward-looking) studies: records of exposure and the occurrence of diseases are kept from the date of the cohort's formation.

In prospective cohort studies exposure can be more accurately determined than in case-control studies, because the latter are, by definition, always retrospective.

To enable statistical certainty about a possible causal relationship, the size of the required cohort must be increased in inverse proportion to the frequency of occurrence of the disease being investigated. Moreover, the differences in exposure have to be sufficient. This can be a problem when studying the effects of ubiquitous exposure, as is the case with exposure to the electromagnetic fields of mobile phones or base station antennas.

Prospective cohort studies are lengthy and expensive, especially when studying long-term effects, which is the case for most types of cancer. Consequently, not many prospective cohort studies are conducted.

A large cohort study involving 250,000 members of the general public has started within the scope of the Dutch Research Programme on Electromagnetic Fields and Health. This also includes conducting prospective research into the relationship between the use of mobile phones and long-term effects on health. The intention is to couple this part of the study to the international COSMOS study, which is investigating the effects of mobile telephony on health.

Retrospective cohort studies are also a possibility. These involve investigating the exposure and the occurrence of diseases in a cohort in the past. This offers the benefit that there is no need to wait for many years to obtain the results, but it has the disadvantage that (as with case-control studies) exposure cannot be as accurately determined. A Danish cohort study²³ of the relationship between the use of mobile phones and development of tumours in the head provides an example of a retrospective cohort study.

3.4.2 *Biased results*

Epidemiological research results may become biased for various reasons and therefore create a false impression of a link between exposure and effect. The analysis of the results should take the concerned factors into account and, as far as possible, include corrections for them. Corrections are sometimes inadequate or, worse still, not made at all. As a result, the Committee always examines the following factors when assessing research.

Selection

Selection occurs when each prospective participant does not have the same chance of being included in the study group. Case-control studies are particularly vulnerable to selection bias. This is because the subjects are invited to participate after the relevant exposure has occurred and, in the case of cases, after the disease has been diagnosed. Knowledge of the aim of the research may lead to a difference between cases and controls in their willingness to participate. Motivation is generally much greater among cases than among controls. This is clear from participation rates in some of the INTERPHONE studies, such as the study of acoustic neuromas in Denmark²⁴ where participation of cases was 82% but that of controls was 64%. A comparable study in Japan²⁵ showed case participation of 84%, but 52% participation of controls. The question is therefore whether the study's control group is sufficiently comparable with the case group. The Finnish branch of the INTERPHONE study showed that the percentage of regular users of mobile phones among non-participating controls was lower than the number among those who did participate (although this was also the case among the cases).²⁶

Misclassification

Misclassification takes place as a result of participants being placed in the wrong exposure and/or disease category. Misclassification may be random ('noise') because, for example, exposure has not been properly checked. Misclassification may also be systematic (misclassification bias). For example, in a case-control study on the relationship between using a mobile phone and the occurrence of tumours in the head, recall bias may occur among cases concerning whether they used the phone on the left or right side of the head. They believe they have used the phone more often while holding it to the one side of their head where the

tumour has grown, whereas this is not actually the case. Obviously, this phenomenon does not occur in the control group.

Confounding

The link between a particular exposure (or risk factor) and a particular disease may be ‘distorted’ by some other risk factor for that disease. This occurs when both risk factors are related to each other. The disease may then be ascribed to the wrong risk factor.

A correct statistical analysis of the research can be used to distinguish between distorting variables and the risk factor of interest. Traffic density is an example of such a confounder in studies of the relationship between childhood leukaemia and living in the vicinity of overhead power lines. Many studies of this kind were conducted in the United States, where researchers were particularly interested in the proximity to distribution lines. However, there is a reasonably strong link between traffic density and the capacity of the lines (and hence the associated strength of the magnetic field). Epidemiological research must always make proper allowances for confounding, especially when confounders are themselves strong risk factors.

Biases that occur in studies of a particular type

Case-control studies are susceptible to systematic selection bias, as the participants are selected on the basis of the presence or absence of disease, and the percentage of participants in the control group is often lower than that for cases. Studies of this kind are also susceptible to misclassification bias, as exposure is only determined after the disease has been diagnosed.

Cohort studies are susceptible to random misclassification because a cohort study often involves a large number of subjects and has a broad scope, which generally means that the degree of exposure (e.g. through using a mobile phone) is less thoroughly assessed.

3.4.3 *Aggregation of studies*

It is practically impossible to draw conclusions about a causal link on the basis of just one observational study, which is what epidemiological studies are. Consequently, several high-quality studies are needed. Many more studies will be required if studies of a lower quality are used or if only weak links are found.

Combining the data obtained from studies and analysing the aggregate data can help to obtain a more accurate impression of the size of the investigated risk. Moreover, individual epidemiological studies only provide an impression of relationships between exposure and disease in a single population group. A common problem is also the small number of participants, especially in the highest exposure categories. This is the case, for instance, in case-control studies of the relationship between tumours in the head and the use of mobile phones. A larger study group is the solution, but practical or financial obstacles often make this impossible at a national level.

Another specific problem is the speed of technological development, which can result in several changes in the type and pattern of exposure during the study period. This is all the more reason for analysing aggregate data obtained from several studies. An added benefit of doing so is that the outcome is based on several population groups, rather than on just one.

Aggregate data can be analysed using meta-analysis or pooled analysis techniques. In either case, it is important to take the quality of the studies in the analysis into account.

Meta-analyses

A meta-analysis is based on the analyses as they were conducted in the individual studies. The risk numbers (usually expressed as the relative risk or the odds ratio) with the associated confidence intervals are used to calculate the overall risk. This is a relatively quick and simple method of aggregating data, as it does not involve going back to the raw data of the original studies and does not generally require contact with the researchers. However, the main disadvantages include dependence on the specific endpoints and on the corrections for biases used in the original studies. Any shortcomings involved in these will be incorporated unchanged into the meta-analysis. The statistical power of aggregating aggregates will therefore be less than that obtained by directly aggregating the original data (as with the performance of a pooled analysis).

Pooled analyses

The aforementioned objections mean that a pooled analysis is the preferred technique. This entails incorporating the original data in one large database and analysing them all as a single population group. It is also extremely important to make proper allowances for biasing factors. These factors may differ for each of the individual studies from which the data were taken. The statistical power of a

pooled analysis is greater than that of the individual studies and that of a meta-analysis because the groups in a pooled analysis are larger than in those in individual studies. This fact is especially important for the groups with the highest exposure. If conducted properly, a pooled analysis provides the most relevant results, although it requires more work and the cooperation of the authors of the original studies, as they have to provide their data.

3.5 Publication bias

Not all scientific studies lead to publication. There may be various reasons for not publishing a study. For example, study results that are negative (in the sense of no effect) are published less often than results that show a clear link. Another reason may be that scientific journals are less interested in negative research results. Unpublished studies may generally be smaller in scale than the studies that are published; the results of large-scale studies will always be published, as a lot of time and money has been invested in them.

Publication bias occurs when there are different findings in the published compared with the unpublished studies. This can lead to the actual effect being overestimated or underestimated in a meta-analysis or pooled analysis. For example, if the unpublished studies have generally failed to demonstrate any effect, then the true effect will be smaller than that shown by meta-analysis or pooled analysis.

3.6 Value of observations regarding disease clusters

Various studies discussed in this Annual Update were conducted because there was an impression of a higher incidence of diseases (especially cancer) in the immediate vicinity of a given antenna than at a greater distance. Adequate knowledge of the value of this kind of observations is important. The Health Council's advisory report *Local environmental health concerns; risk communication, exposure assessment and cluster investigation* provided a detailed explanation of the relevant issue: disease clusters.²⁷

This advisory report discussed the fact that natural fluctuations occurring by chance can account for a certain variation in the place and time at which particular disorders and health complaints occur among the population. This means that by chance in any given area occasionally similar cases of diseases may occur. If 100 disorders are examined, then the likelihood of at least one disorder occurring at a statistically significant increased rate may even exceed 60%.²⁸ As a result, geographical clusters and a 'statistically significant' higher rate of cancer than

can be predicted on the basis of national averages, can be expected in, for example, hundreds of streets, districts and villages in the Netherlands by the effect of chance alone, without any role being played by a particular cause of disease. On the other hand, there will also be just as many areas where the cancer rate is *lower* than the national average.

Besides natural variations (chance), local differences in general risk factors may also be responsible for increased occurrences of certain health complaints or disorders in a particular area. For example, a specific age composition (aging population) or the socioeconomic structure of a neighbourhood may affect the local health situation. Characteristics such as ethnicity, working conditions or life style (smoking, nutrition) may also play a role.

3.7 Importance of research into biological effects

Epidemiological research plays an important role in the weight-of-evidence approach adopted by the Committee (see section 3.2). This is because epidemiological research provides direct information on the relationship between exposure and effect in humans. However, the relationships identified through epidemiological research are generally not clear enough to enable the drawing of unambiguous conclusions about cause and effect. It is therefore also essential to conduct research into the effects of electromagnetic fields on biological systems, both cultured cells and entire organisms. Identification of any such effects can be an indicator of biological plausibility.

The following considerations are generally important for interpreting biological effects observed in experimental research using cells, tissues, laboratory animals or volunteers:

- Many biological effects follow from the function of the concerned cells or tissues. This applies, for example, to the reaction of a sensory cell or nerve cell to a stimulus, without which the senses and nervous system could not function.*
- Multicellular organisms, such as humans, are not simply the sum of their individual cells or tissues, but have an added value. This is found, for example, in the availability of mechanisms that can neutralise possibly harmful effects and conditions. First, mammals (such as humans) have an immune system that is continuously working to localise and remove foreign matter

* An example of this is the very strong biological reaction of the sensory cells of the retina to stimulation by light. The reaction does not indicate that light is harmful to humans, but that it is the first step in the extremely important process for humans of visually observing their environment.

from the body. Immune systems also localise and remove the body's own cells that have aged, are functioning poorly or are not required for other reasons. Second, mammals have adaptive mechanisms in the brain and hormone system that keep the body healthy and functioning unimpeded, regardless of the constant impact of all kinds of potentially disruptive external factors. These processes maintain homeostasis, the primary life-regulating function of multicellular organisms.

An effect on a biological system therefore does not necessarily result in an adverse effect on health. An effect on health only develops when homeostasis can no longer be maintained, which means, when a biological effect is potentially harmful to health and cannot be offset properly, if at all. For many biological effects that are identified in *in vitro* studies (laboratory experiments using cultured cells), it is impossible to say whether they would also be identified if the cells had formed part of an organism (*in vivo*) and had therefore existed in a natural rather than an artificial environment. Furthermore, even if any such effects were to occur in an organism, the question of whether they would lead to a disruption of homeostasis and therefore to health problems would still need to be answered.

Radiofrequency electromagnetic fields and brain activity (studies involving human subjects)

4.1 Introduction

When a mobile phone is held close to the head during a call, the brain, especially the part closest to the phone, is exposed to the electromagnetic fields that the device radiates. Numerous studies of possible effects this might have on brain functioning have been conducted in recent years. The studies looked at, for instance, electrical activity in the brain, regional cerebral blood flow (rCBF; an indicator of the activity of nerve cells in a given region of the brain), and at more integrated indicators for brain functioning (cognitive functions such as memory, attention and concentration).

Some mobile phones users report symptoms such as headaches, fatigue and concentration problems as a result of mobile phone use. To check whether the symptoms are indeed related to mobile phone use, experimental studies have been conducted to ascertain whether there is a possible causal link between the symptoms and exposure to the electromagnetic fields radiated by mobile telecommunications systems.

For ethical reasons, experiments involving volunteers can only study transitory physiological effects at relatively low exposure levels. Any such effects are deemed to be harmless. It is not known whether there is health damage when effects of this kind occur during exposure for a long period, but the possibility cannot be completely excluded.

The advantage of laboratory studies involving human subjects is that they can be conducted under well-defined and controlled conditions. However, the short duration of exposure is a disadvantage. Studies of this kind therefore provide an unsuitable basis for making statements about effects that possibly occur in the longer term. Another disadvantage is the generally limited number of human subjects that can be studied. This only takes into account to a limited degree that there are variations in sensitivity in the population.

In spite of the aforementioned limitations, laboratory studies involving volunteers do provide important direct information on physiological effects in humans.

4.2 Electrical activity in the brain

Electrical activity of the brain can be measured by attaching electrodes to the head and using them to record the electrical signals. The record is known as an electroencephalogram (EEG). The EEG does not provide a detailed picture of brain activity, but a representation of synchronous activity of relatively large numbers of nerve cells in the cerebral cortex, the outer layer of the brain. Brain activity never stops, even when people are resting. However, there are clear differences between a person's EEG when asleep and when awake.

The awake EEG is generally subdivided into a number of frequency ranges. The degree of activity in each of the ranges depends on the person's psychological state and cognitive activity. A lack of uniformity in the way frequency ranges are divided sometimes leads to certain frequencies being assigned to different frequency ranges. The most commonly used division of frequency ranges is:

- delta (δ): < 4 Hz
- theta (θ): 4-8 Hz
- alpha (α): 8-13 Hz
- beta (β): 13-30 Hz
- gamma (γ): > 30 Hz.

Little is known about the functional significance of the various components of a normal EEG of the waking state. Showing that signals from mobile telecommunications systems affect certain components of the EEG would provide an indication of a biological effect, but it would not be possible to state that such an effect would lead to health problems. There is also the complicating factor that EEGs display considerable inter-individual differences for people who are awake.

The differences are much lower for the EEGs of sleeping individuals. Sleep-EEGs show well-characterised patterns; these are used to identify the different stages of sleep of a healthy person throughout the night. Inter-individual variations are especially found in the shallow stages of sleep. Clear differences are also usually found between a normal EEG and EEGs relating to certain medical conditions, such as epilepsy.

Another measure of brain activity closely related to the EEG is the evoked or event-related potential (ERP). An ERP is a signal that is produced in a certain area of the brain by an external stimulus (such as a flash of light or a sound) or by motor activity (such as pressing a button). ERPs are detected by measuring EEG in relation to the presented stimulus and then adding and averaging certain parts of the EEG that occur at a fixed time after the stimulus. The electrical signal thus obtained is a reflection of brain activity that is related to the concerned stimulus. ERPs are used to investigate the functioning of neural systems responsible for processing sensory, cognitive and motor stimuli. However, ERPs are difficult to interpret because changes in the stimulation and attention of the person being studied can have a marked effect on the results of the study.

4.2.1 *Effects on EEG*

Various studies have shown that GSM-like signals can affect the EEG²⁹⁻⁴⁰; however, no such effects were found in other studies.⁴¹⁻⁴⁴ A well-conducted study of 120 human subjects confirmed the findings of a number of smaller studies with regard to an increase in brain activity in the alpha band (defined as 8-13 Hz in this large-scale study).⁴⁵ Effects on brain activity may also occur in other frequency bands but they have not been found consistently.

A study conducted in the Netherlands and other countries found in frequent users of mobile phones a slight increase in activity in the delta and theta bands and a reduction in activity in the alpha band.⁴⁶ However, these differences were within the range of natural variation.

Studies of the effects of GSM-like signals on brain activity during sleep also failed to produce unequivocal data. However, it is possible to conclude that the sleep-EEG may be affected; some of the aforementioned experimental studies indicated increased activity in the alpha and beta frequency bands when exposure occurred during sleep^{29,47} but other studies did not.⁴⁸⁻⁵⁰ A reported reduction in the time taken to fall asleep⁴⁷ could not be reproduced in a subsequent study.^{48,49} Other studies examined the effect of exposure during the 30 minutes prior to falling asleep.^{35,36,51-54} This research also produced variable data, whereby increased activity in the alpha and beta bands was sometimes observed and sometimes not.

One study only found an increase after exposure to a modulated signal and no increase after exposure to an unmodulated signal.³⁶ Another study revealed increased activity in the alpha and beta bands with increasing Specific Absorption Rate (SAR).^{*54}

Some studies recorded an increase in the time taken to fall asleep, but other effects on sleeping patterns were absent.^{52,55} The authors of a recent study⁵² suggested that the modulation frequencies were responsible for the induced effects. Modulation frequencies of 8 and 217 Hz supposedly resulted in effects, whereas the effects were counteracted by an additional modulation frequency of 2 Hz, also contained in the GSM signal. However, another study produced different results that provided no substantiation whatsoever for this assumption.³⁶

4.2.2 *Effects on ERPs*

These studies primarily investigated the effects of GSM signals on ERPs produced by auditory, visual and sensory stimuli. One research group focused on ERPs in relation to performance of cognitive tasks⁵⁶⁻⁵⁹; another group studied effects on the cerebral cortex of exposure to radiofrequency electromagnetic fields by using transcranial magnetic stimulation (stimulation of small sections of the cerebral cortex by a strong magnetic field produced in a coil held against the head) to induce muscle movement.⁶⁰ Most studies were conducted with adults; only one study was conducted with children.⁶¹

The aforementioned large-scale study of 120 human subjects (section 4.2.1) observed no effects upon ERPs produced using auditory stimuli.⁶²

All the studies of the effects of ERPs fail to provide any substantiation for the results of the EEG studies. Some studies showed minor effects, but these are not consistent.^{30,33,60,62-69} Other studies failed to find any effects whatsoever.^{58,59,61,62,70-74}

4.3 **Hearing and balance**

The inner ear has structures that are responsible for perceiving sounds and for producing signals to maintain balance. As mobile phones are held close to the head, various groups have investigated whether exposure to electromagnetic fields could affect either of the two systems.⁷⁵⁻⁸⁶

* The Specific Absorption Rate is a measure for the energy absorbed by the body due to exposure to an electromagnetic field.

The overall picture that emerges from these studies does not indicate that short-duration exposure to mobile phone signals has any effect on the functions of hearing or balance.

4.4 Regional cerebral blood flow (rCBF)

A few studies indicated changes in rCBF during and after exposure to radiofrequency electromagnetic fields.^{36,87-89} However, the available data are not unequivocal.

It is assumed that changes in rCBF point to local changes in neural activity. However, they do not indicate health effects.

4.5 Cognitive functioning

A varied picture likewise emerges from studies of cognitive effects, not least because there is little uniformity in the tests used. Some studies found that exposure to mobile phone signals produced effects, but they were always minor, reversible effects and generally indicated a performance improvement.^{39,54,90-99}

Studies involving larger numbers of human subjects do not generally indicate any effects.^{74,100-110} No greater effect was found for children¹¹⁰⁻¹¹⁴ and people who consider themselves to be electrosensitive¹¹⁵⁻¹¹⁸ than was found for healthy adults. Some years ago, the World Health Organization appealed for more research to be conducted among children.¹¹⁹ The Health Council adopted this appeal in its recommendations for research in the Netherlands.¹²⁰

4.6 Conclusion

Exposure to radiofrequency electromagnetic fields produced by mobile phones may lead to subtle changes in brain activity. However, the observed effects are temporary and small and, as far as is known, have no effect on health. The picture that emerges from studies of effects on cognitive functioning is unclear: some studies found minor and reversible effects while others found no effect.

Radiofrequency electromagnetic fields and symptoms

5.1 Introduction

The number of people attributing a wide range of symptoms to numerous sources of electromagnetic fields at home and in the workplace appears to be growing. Reported complaints include headaches, migraine, fatigue, insomnia, concentration problems, itching and heat sensations. People mainly attribute their symptoms to mobile phones, base stations, DECT cordless telephones, and now increasingly to wireless computer network systems. Other less frequently reported symptoms include dizziness, vision problems, loss of memory, confusion, dental pain and nausea. A recent study among 30,000 people in Germany indicated that 18.7% was concerned about possible health effects of the electromagnetic fields from GSM- and UMTS base stations, while 10.3% attributed their symptoms to these fields. The number of people who consider themselves to be electrosensitive on the grounds of symptoms of this kind also appears to be growing.

People associate a wide range of health problems with exposure to electromagnetic fields, but the problems are not specific for a generally recognised medical condition.

This chapter investigates whether there are grounds for attributing symptoms to exposure to radiofrequency electromagnetic fields.

5.2 Symptoms and models for psychological explanations

5.2.1 Symptoms

Physical symptoms such as headaches, fatigue, concentration problems, sleeping problems, complaints concerning the locomotor apparatus (especially lower back pain), stomach and intestinal problems and symptoms with a possible neurological background occur in very large numbers in the general population.^{121,122} Estimates vary widely, depending on the study methods and criteria; according to Reid, at any given time 75 percent of people have at least one of these complaints within a one-month period.¹²³ With between 3 and 36 percent of them, these would, on an annual basis, constitute a more distinct syndrome. Table 1 shows data from 2007 on the occurrence of malaise symptoms among the population of the Netherlands aged 4 and older, which were registered in the Integrated System of Social Surveys (POLS)* conducted for Statistics Netherlands (CBS).¹²⁴ The survey enquired about symptoms that had occurred in the 14 days preceding the survey.

Table 1 Occurrence of malaise symptoms in the population of the Netherlands aged 4 and older during the 14 days preceding the survey^a

Description	Occurrence (%)	Standard error
Headache	32.4	0.5
Fatigue	46.5	0.5
Insomnia	21.7	0.5
At least 1 malaise symptom	73.1	0.5

^a Sample of 9-10,000 people.

The cause of the symptoms is found in due course for some people, but in most cases no cause is found. The latter cases are usually referred to as Medically Unexplained Physical Symptoms (MUPS).

In several ways there are also links between psychiatric disorders and MUPS. First, various specific psychiatric disorders exist in which the occurrence of physical symptoms and concerns about physical health are a key feature. These are usually referred to as somatoform disorders and include somatisation, conversion, hypochondria, body dysmorphic disorder and psychogenic pain disorder. Second, various studies have found a statistical connection between having a

* The POLS is an annual study. The sample of 9-10,000 people in the health survey is representative for the not institutionalized population of the Netherlands.

psychiatric disorder in general and the occurrence of MUPS. Symptoms of this kind occur particularly often among patients with anxiety disorders and depression.¹²⁵

It would be incorrect, however, to conclude the opposite, namely that people with MUPS often have a psychiatric disorder.

5.2.2 *Models for psychological explanations*

In clinical psychiatry, internal models of explanation for diseases are found much more frequently than explanations involving external environmental factors. Stress and attribution may play a role in the occurrence of MUPS. Stress gives rise to changes in the body via a psychological pathway, especially in the autonomic nervous system and in the hormonal interplay between the hypothalamus, the hypophysis and the adrenal gland. The stress reaction is a physiological reaction to a threat and is intended to provide protection or defence against the threat. A stress reaction of this kind may occur in conjunction with physical symptoms, such as palpitations, increased muscle tension (which can result in headaches) or nervousness. However, in addition to physical symptoms, cognitive factors also play an important role: they are determining factors in the degree to which a particular incident or situation is experienced as threatening.

Attribution is a term used in psychology and is usually defined as the process of ascribing symptoms to a given possible cause. Many factors determine attribution, such as a person's past experiences, personality and attitude, as do external factors, such as prevailing opinions about the causes of diseases. Stress and attribution may both occur and reinforce each other and the MUPS.¹²⁶

The nocebo effect is also important in interpreting MUPS; this occurs when a person under the influence of an *anticipated* reaction to exposure develops an adverse reaction either without exposure actually occurring or it not being the plausible cause of the reaction.

Nocebo effects may for example also explain symptoms that occur in the wake of environmental disasters. Havenaar found indications for a correlation between the belief that health had considerably deteriorated and the perceived risk of the disaster.¹²⁷ People who considered the disaster to be dangerous and who believed they had less control over their exposure had more symptoms after the disaster and visited their doctor more often than people who perceived the disaster as less dangerous.

Risk perception is believed to be extremely important in the emergence of concerns about local environmental factors, including exposure to electromagnetic fields.²⁷ Besides individual factors, social factors also play a role in this,

particularly with regard to how communication about the risk factor takes place in the community.

5.3 How often do the symptoms occur?

The extent to which MUPS occur has been investigated in some countries in relation to exposure to electromagnetic fields.¹²⁸⁻¹³² The studies show that a few percent of the population have symptoms of this kind and that those concerned attribute them to this type of exposure (however, the spread in the estimate is large, which means the accuracy is low). A possible reason why MUPS are attributed to exposure to electromagnetic fields is the way in which governments, the media and activists in the various countries communicate about this subject. This in turn affects risk perception.

5.4 Is there a causal link?

5.4.1 *Research among population groups*

An objection to provocation studies is that the exposure is only for a relatively short period but that the complaints actually occur after much longer periods of exposure, such as the continuous exposure that occurs in the home or workplace. It is therefore important to investigate such situations as well. A problem with conducting such studies is that it is practically impossible to influence exposure levels in the home in a scientifically sound manner under single-blind or double-blind conditions. The studies that are conducted are therefore almost always surveys that determine the occurrence of symptoms and the degree of exposure on the basis of questionnaires. There are various methodological objections to these studies.

The main problem is that MUPS are subjective and consequently difficult to verify objectively. It is therefore essential in questionnaires-based surveys that the subjects have no prior knowledge of the purpose of the survey. If they do, their answers may be biased owing to, for example, symptoms being over-reported as a result of the aforementioned attribution.

The studies of Santini¹³³⁻¹³⁷ and Navarro¹³⁸ found a link between living close to a GSM base station and the occurrence of symptoms: people living close to the base station had more symptoms than those living further away. Hocking¹³⁹ found that people who made more use of a mobile phone reported more symptoms than those who made fewer calls. However, these studies enquired about the occurrence of symptoms in relation to use of a mobile phone or living near a

base station. The people questioned were therefore aware of the purpose of the study. A design of this kind always encourages selective reporting. Moreover, the population groups investigated in these studies did not constitute a representative random sample. For example, the participants in Santini's survey of people living close to base stations were recruited through press, radio and website advertisements.¹³⁶ In Navarro's¹³⁸ study the authors failed to indicate how participants were selected. However, prospective participants were told that the study was concerned with the possible environmental effects of a GSM base station. The people concerned about the base station would probably be more likely than others to participate in the study. Moreover, the composition of the groups living close to the base station differed from that of those living further away. The media were also used for recruiting participants in Hocking's study.¹³⁹ Consequently, these studies do not provide proper information to determine whether a relationship exists between long-term exposure to electromagnetic fields and the occurrence of symptoms.

Another older study was concerned with sleeping problems and other symptoms among residents in the vicinity of a short-wave transmitter at Schwarzenburg, in Switzerland.¹⁴⁰ This study has already been discussed in the advisory report *GSM base stations*.¹⁴¹ The Committee indicated at the time that it had had doubts about the study's design and implementation after having read the final report. In a more recent publication, the researchers discuss the results of an analysis of the quality of sleep and the melatonin levels of 54 volunteers before and after the transmitter's shutdown.¹⁴² When the transmitter was operating they found that for an increasing magnetic field strength there was a reduction in the quality of sleep and melatonin levels. There was a reduction in both effects when the transmitter was shut down but only among the people who slept poorly. The researchers indicated that it was not possible to mask exposure and that the results could therefore have been influenced by the fact that the subjects were aware of the exposure.

The Committee believes that the data in the report and the publication do not demonstrate a causal link between exposure to radiofrequency fields from the short-wave transmitter and sleep disorders or other symptoms.

The design of more recent studies was generally better. Some studies looked at the occurrence of symptoms in relation to the use of a mobile phone. Chia and coworkers studied a randomly selected group of residents of a district in Singapore.^{143,144} The subjects were not aware of the study's specific purpose but the interviewers were. Headaches were reported more often by mobile phone users than by non-users, but the difference was not significant. However, there was a trend for headaches to occur more often among subjects who spent more time per

day on calls and made less use of a handsfree set. This trend may be related to a possibly different lifestyle of frequent callers, but this was not investigated.

Mortazawi *et al.* studied the link between mobile phone use and symptoms among students of two Iranian universities.¹⁴⁵ The results failed to indicate any such link; however the study's design was not adequate because it used a questionnaire to be completed by the participants and the subjects were aware of the purpose of the study.

Söderqvist *et al.* studied a group of younger subjects aged 15-19.¹⁴⁶ Participants were randomly selected from a population register and the study was conducted using a questionnaire. Frequent users of mobile phones reported asthmatic complaints, headaches and concentration problems more often than infrequent callers. (The first two of the aforementioned symptoms were also reported by users of DECT telephones.) The authors already indicated that selective answering could have played a role, as could chance as a result of the large number of relationships studied, for which no correction was made. Moreover, participation was only 63.5%, a fact that also could have distorted the results. The authors considered this to be an exploratory study.

Hutter *et al.* conducted a study in Austria among people who had lived for more than a year in the vicinity of one of ten selected base stations.¹⁰ The researchers conducted various cognitive tests among the subjects and ascertained whether any of a long list of symptoms had occurred. It was also noted whether people were anxious about adverse effects on health because of the presence of the base station. The strength of the electromagnetic fields was briefly measured in the bedroom and exposure was calculated on the basis of this. The calculated values were then used to analyse any relationship to cognitive functions and symptoms, and corrections were made for concerns about the presence of the base station. The researchers found faster reaction times and a more frequent occurrence of headaches with higher field strengths. However, a problem with this was that the field strengths used were not realistic values, but the maximum possible, as determined on the grounds of a single measurement. They therefore failed to present an accurate picture of the actual exposure patterns of the subjects. The detected relationship to certain effects is therefore not an actual but a theoretical one. Another problem is that the selection method could suggest that there was some self-selection of participants. An indication of this is that there were differences between participants and non-participants: non-participants were on average younger than participants and had lived at their present address for a shorter period of time. This could distort the results. A third cause for concern is that no correction was made for the large number of relationships studied;

this could mean that the relationships described as significant were the result of chance.

The Committee believes this to be an adequately designed study in the home environment. However, the non-experimental character and the indicated criticisms make it impossible to draw conclusions about whether living in the vicinity of a GSM base station causes symptoms, a point that was also made by the researchers themselves, for that matter. The Committee therefore agrees with the researchers that the study needs to be repeated with an improved design.

The two most recent studies have been performed as part of a German research program. In both studies exposure to radiofrequency electromagnetic fields has been measured and correlated to the incidence of symptoms.

Thomas *et al.* studied 329 adults participating in a broader study into noise and well-being.¹⁴⁷ The subjects wore a personal dosimeter for 24 h and completed questionnaires on acute and chronic effects (occurring in the six months preceding the study). The researchers calculated the average exposure to the two GSM frequencies, UMTS, DECT and WLAN, both for the signals from the base stations as from the mobile units. Exposure was not related to acute or chronic symptoms. As also indicated by the authors, it is possible that symptoms were overreported because the subjects were aware that exposure was measured. Because they did not know their actual exposure, this can only lead to random misclassification (see section 3.4.2) and, therefore, to underestimation of the effect.

Berg-Beckhoff *et al.* studied symptoms in a group of 3526 adults, that were part of a population of 51,000 people from a general survey.¹⁴⁸ The subjects were not informed about the purpose of the study and completed questionnaires on symptoms and their views on the risks of mobile telephony base stations. The field strengths of GSM-, UMTS and other frequencies were measured in daytime in the bedrooms of 1500 participants. Only the base station signals were used for the analysis, not those from mobile telephones. In this subgroup the researchers did not observe an association between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and symptoms. They did observe in the entire study population an association between symptoms and ascribing health effects to base station signals (attribution, see section 5.2.2). The authors indicate that there is a significant risk of misclassification. No multiple-day measurements were done and the day-to-day variations in exposure were not assessed. Such measuring strategy leads to a weakening of the association between exposure and symptoms. It is not clear why the authors did not group their measurement data.^{149,150}

5.4.2 Laboratory research

Some laboratory studies, that are conducted under much better controlled conditions than the studies conducted among the population, examined the occurrence of MUPS under the influence of exposure to electromagnetic fields. These studies failed to show any clear and consistent indications of a causal link.^{44,115-118,151-156} Various examples taken from laboratory research are discussed below.

A study conducted by the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) showed indications that exposure for 20-25 minutes to a UMTS-like signal with a strength similar to one that might occur in the home could adversely affect well-being. This study was discussed extensively in a previous advisory report.^{115,118} Well-being was assessed using a questionnaire that included questions about symptoms. However, in its advisory report, the Committee indicated that the lack of a validation for studies of this kind of the questionnaire that TNO used presents a problem. Other studies that used validated questionnaires found no effect on well-being as a result of GSM or UMTS exposure. The study Regel conducted in Switzerland is an example of this. It was designed as a follow-up study to the TNO study and failed to find any effect on well-being even after exposure for 45 minutes and at ten times the level used by TNO.¹¹⁶ The Committee's conclusion in the Annual Update for 2006 was that the quality of this study was an improvement on that of TNO and it gave more weight to the Swiss study than to that of TNO.⁴

In both the TNO and the Swiss study, the entire body was exposed; the deposition of energy in the head (expressed as the Specific Absorption Rate; SAR) was relatively small. The Health Council and the International Commission for Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) recommend a maximum value of 0.08 W/kg (=80 mW/kg) for total body exposure.^{20,157} In both studies, the SAR in the head was well below this value. The maximum value found in the TNO study was 0.078 mW/kg and the value for the study by Regel was 0.45 mW/kg.

Kleinlogel⁴⁴ recently studied the effect on well-being of GSM and UMTS exposure for 30 minutes; exposure was by means of an antenna attached to the head, meaning that only the head was exposed. The maximum value that the Health Council and ICNIRP advise for the SAR in such situations is 2 W/kg. Exposure in the study by Kleinlogel was 1 W/kg and was representative for the conditions that exists when using a mobile phone. This study did not show any effect on well-being.

The last example discussed here is a study by Rubin.¹⁵⁵ In this study, participants' heads were exposed for 50 minutes to a GSM signal that resulted in an SAR of 1.4 W/kg. One group was composed of people who had indicated already experiencing headaches and other symptoms after using a GSM telephone for an average of 6.5 minutes; the other group was a control group that displayed no such symptoms. Exposure was not shown to have any effect in either group on the occurrence of headaches or other symptoms. After the study, each of the participants in the group with symptoms was informed that the study had not found a link between exposure and symptoms and as to whether or not they had individually correctly indicated the presence of an electromagnetic field.¹⁵⁸ An assessment was made six months after the study to determine whether their symptoms and opinion regarding the cause had changed. For 17 of the 61 participants in the study, feedback appeared to have led to a different opinion about the cause of the symptoms but not to their reduction.

It also emerged from all the studies discussed here that people who attributed their symptoms to electromagnetic fields were no more or less capable than people without symptoms of perceiving the fields. One study showed that some people were capable of perceiving the presence of low-frequency fields under special conditions.¹⁵⁹ A possible explanation for this is that some people perceive the small electric currents generated by the fields at a much lower level than other people can perceive them; this was demonstrated by another study.¹⁶⁰ This greater ability to perceive low-frequency fields is not related to the occurrence of symptoms. There has been no single study to demonstrate that some people are capable of perceiving radiofrequency fields at levels of exposure that can occur in daily life.

However, various studies have shown that there is a link between symptoms and *assumed* exposure.^{161,162} The aforementioned study that Regel conducted in Switzerland is an example of this.¹¹⁶ In this study, the assumption that an electromagnetic field was present correlated with a reduction in the person's sense of well-being. There was no such correlation with actual exposure. This is a good example of the *nocebo* effect (see section 5.2.2), a recognised phenomenon in symptoms of this kind. The Health Council's advisory reports *Local environmental health concerns; risk communication, exposure assessment and cluster investigation*²⁷ and *Chronic Fatigue Syndrome*¹⁶³ discuss this phenomenon in depth.

5.4.3 *Experimental research in the home*

A recent study conducted in Austria by Leitgeb and coworkers took the opposite approach: people were not exposed but shielded.¹⁶⁴ The study focused on people with sleep disorders that they attribute to exposure to electromagnetic fields from base stations for mobile telephony. A Faraday cage made of electrically conductive fabric was constructed around the bed in the home of each of the people participating in the study. This reduced the field strength by a factor of approximately 10. The control situation was shielding made of a material that was not electrically conductive but that was indistinguishable from the other material. Shielding from the electromagnetic field had no effect for most of the 43 volunteers. Three subjects displayed a positive effect on subjective sleep quality, while there was a clear placebo effect in the case of six others. These findings did not correspond with objectively measured sleep quality. An increase in the time taken to fall asleep was measured for four of the people with shielding, without there being any effect on subjective sleep quality.

5.5 **Conclusion**

The picture that emerges from the available scientific evidence is that there is no causal link between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and the occurrence of medically unexplained physical symptoms. However, there is a link between the symptoms and *assumed* exposure and with that very probably a link to risk perception. Nevertheless, the symptoms do exist and require a solution.

References

-
- 1 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic Fields: Annual Update 2001. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication nr 2001/14.
 - 2 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic Fields: Annual Update 2003. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2004; publication nr 2004/1.
 - 3 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic Fields: Annual Update 2005. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2005; publication nr 2005/14.
 - 4 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic Fields: Annual Update 2006. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication nr 2007/6.
 - 5 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Comments concerning possible MRI restrictions due to implementation of a EU Directive. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication nr 2007/17.
 - 6 European Parliament and Council of the European Union. Directive 2008/46/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 amending Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Off J Eur Comm, 2008; L114: 88-89.
 - 7 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic fields and health (letter report)(in Dutch). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication nr 2007/24.
 - 8 Cook CM, Saucier DM, Thomas AW, *et al.* Exposure to ELF magnetic and ELF-modulated radiofrequency fields: the time course of physiological and cognitive effects observed in recent studies (2001-2005). Bioelectromagnetics, 2006; 27(8): 613-627.
-

- 9 Hardell L, Mild KH, Carlberg M, *et al.* Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones. *World J Surg Oncol*, 2006; 4: 74.
- 10 Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, *et al.* Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med*, 2006; 63(5): 307-313.
- 11 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Power lines (letter report). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication nr 2007/25.
- 12 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. High-voltage power lines (letter report). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2008; publication nr 2008/04.
- 13 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. BioInitiative report (letter report). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2008; publication nr 2008/17E.
- 14 BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF). Internet: www.bioinitiative.org. Accessed 31-8-2007.
- 15 WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria 238, Geneva: World Health Organization, 2007.
- 16 WHO - World Health Organization. Static fields. Environmental Health Criteria 232, Geneva: World Health Organization, 2006.
- 17 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. 2002; (80).
- 18 AGNIR - Advisory Group on Non-ionising Radiation. Health effects of radiofrequency electromagnetic fields. Doc NRPB, 2003; 14(2).
- 19 SSI - Independent Expert Group on Electromagnetic Fields. Recent research on EMF and health risks. Fifth Annual Report. 2008; SSI Report 2008:12.
- 20 ICNIRP - 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; 74(4): 494-522.
- 21 Bradford Hill A. The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med*, 1965; 58: 295-300.
- 22 Rothman KJ, Greenland S, and Lash TL. *Modern epidemiology*. 3rd, Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2008.
- 23 Schüz J, Jacobsen R, Olsen JH, *et al.* Cellular telephone use and cancer risk: update of a nationwide Danish cohort. *J Natl Cancer Inst*, 2006; 98(23): 1707-1713.
- 24 Christensen HC, Schüz J, Kosteljanetz M, *et al.* Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J Epidemiol*, 2004; 159(3): 277-283.
- 25 Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, *et al.* Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup Environ Med*, 2006; 63(12): 802-807.
- 26 Lahkola A, Salminen T, and Auvinen A. Selection bias due to differential participation in a case-control study of mobile phone use and brain tumors. *Ann Epidemiol*, 2005; 15(5): 321-325.
-

- 27 Health Council of the Netherlands. Local environmental health concerns; risk communication, exposure assessment and cluster investigation. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication nr 2001/10E.
- 28 Neutra RR. Counterpoint from a cluster buster. *Am J Epidemiol*, 1990; 132(1): 1-8.
- 29 Borbély AA, Huber R, Graf T, *et al.* Pulsed high-frequency electromagnetic field affect human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett*, 1999; 275: 207-210.
- 30 Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, *et al.* Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin Neurophysiol*, 2002; 113(10): 1623-1632.
- 31 Curcio G, Ferrara M, Moroni F, *et al.* Is the brain influenced by a phone call? An EEG study of resting wakefulness. *Neurosci Res*, 2005; 53(3): 265-270.
- 32 D'Costa H, Trueman G, Tang L, *et al.* Human brain wave activity during exposure to radiofrequency field emissions from mobile phones. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2003; 26(4): 162-167.
- 33 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, *et al.* Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials. *Eur J Appl Physiol*, 2000; 81(1-2): 18-27.
- 34 Hinrikus H, Parts M, Lass J, *et al.* Changes in human EEG caused by low level modulated microwave stimulation. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(6): 431-440.
- 35 Huber R, Graf T, Cote KA, *et al.* Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport*, 2000; 11(15): 3321-3325.
- 36 Huber R, Treyer V, Borbély AA, *et al.* Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res*, 2002; 11(4): 289-295.
- 37 Kramarenko AV and Tan U. Effects of high-frequency electromagnetic fields on human EEG: a brain mapping study. *Int J Neurosci*, 2003; 113(7): 1007-1019.
- 38 Maby E, Le Bouquin JR, and Faucon G. Short-term effects of GSM mobiles phones on spectral components of the human electroencephalogram. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2006; 1: 3751-3754.
- 39 Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, *et al.* Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport*, 2007; 18(8): 803-807.
- 40 Reiser H, Dimpfel W, and Schober F. The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res*, 1995; 1(1): 27-32.
- 41 Hietanen M, Kovala T, and Hamalainen AM. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scand J Work Environ Health*, 2000; 26(2): 87-92.
- 42 Perentos N, Croft RJ, McKenzie RJ, *et al.* Comparison of the effects of continuous and pulsed mobile phone like RF exposure on the human EEG. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2007; 30(4): 274-280.
- 43 Röschke J and Mann K. No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*, 1997; 18(2): 172-176.
- 44 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, *et al.* Effects of weak mobile phone-electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 479-487.
- 45 Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, *et al.* The effect of mobile phone electromagnetic fields on the alpha rhythm of human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics*, 2007.

- 46 Arns M, Van LG, Sumich A, *et al.* Electroencephalographic, personality, and executive function measures associated with frequent mobile phone use. *Int J Neurosci*, 2007; 117(9): 1341-1360.
- 47 Mann K and Röschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology*, 1996; 33(1): 41-47.
- 48 Wagner P, Röschke J, Mann K, *et al.* Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions. *Bioelectromagnetics*, 1998; 19(3): 199-202.
- 49 Wagner P, Röschke J, Mann K, *et al.* Human sleep EEG under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities. *Neuropsychobiology*, 2000; 42(4): 207-212.
- 50 Fritzer G, Goder R, Friege L, *et al.* Effects of short- and long-term pulsed radiofrequency electromagnetic fields on night sleep and cognitive functions in healthy subjects. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28(4): 316-325.
- 51 Huber R, Schuderer J, Graf T, *et al.* Radio frequency electromagnetic field exposure in humans: Estimation of SAR distribution in the brain, effects on sleep and heart rate. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24(4): 262-276.
- 52 Hung CS, Anderson C, Horne JA, *et al.* Mobile phone 'talk-mode' signal delays EEG-determined sleep onset. *Neurosci Lett*, 2007; 421(1): 82-86.
- 53 Loughran SP, Wood AW, Barton JM, *et al.* The effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep. *Neuroreport*, 2005; 16(17): 1973-1976.
- 54 Regel SJ, Tinguely G, Schuderer J, *et al.* Pulsed radio-frequency electromagnetic fields: dose-dependent effects on sleep, the sleep EEG and cognitive performance. *J Sleep Res*, 2007; 16(3): 253-258.
- 55 Reite M, Higgs L, Lebet JP, *et al.* Sleep inducing effect of low energy emission therapy. *Bioelectromagnetics*, 1994; 15(1): 67-75.
- 56 Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, *et al.* Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task. *Neuroreport*, 2000; 11(4): 761-764.
- 57 Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, *et al.* Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. *Int J Radiat Biol*, 2000; 76(12): 1659-1667.
- 58 Krause CM, Haarala C, Sillanmaki L, *et al.* Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during an auditory memory task: a double blind replication study. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(1): 33-40.
- 59 Krause CM, Pesonen M, Haarala BC, *et al.* Effects of pulsed and continuous wave 902 MHz mobile phone exposure on brain oscillatory activity during cognitive processing. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28(4): 296-308.
- 60 Ferreri F, Curcio G, Pasqualetti P, *et al.* Mobile phone emissions and human brain excitability. *Ann Neurol*, 2006; 60(2): 188-196.
-

- 61 Krause CM, Björnberg CH, Pesonen M, *et al.* Mobile phone effects on children's event-related oscillatory EEG during an auditory memory task. *Int J Radiat Biol*, 2006; 82(6): 443-450.
- 62 Hamblin DL, Croft RJ, Wood AW, *et al.* The sensitivity of human event-related potentials and reaction time to mobile phone emitted electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(4): 265-273.
- 63 Eulitz C, Ullsperger P, Freude G, *et al.* Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. *Neuroreport*, 1998; 9(14): 3229-3232.
- 64 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, *et al.* Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics*, 1998; 19(6): 384-387.
- 65 Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, *et al.* Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clin Neurophysiol*, 2004; 115(1): 171-178.
- 66 Hinrichs H and Heinze HJ. Effects of GSM electromagnetic field on the MEG during an encoding-retrieval task. *Neuroreport*, 2004; 15(7): 1191-1194.
- 67 Jech R, Sonka K, Ruzicka E, *et al.* Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics*, 2001; 22: 519-528.
- 68 Maby E, Le Bouquin JR, Liegeois-Chauvel C, *et al.* Analysis of auditory evoked potential parameters in the presence of radiofrequency fields using a support vector machines method. *Med Biol Eng Comput*, 2004; 42(4): 562-568.
- 69 Maby E, Jeannes RB, and Faucon G. Scalp localization of human auditory cortical activity modified by GSM electromagnetic fields. *Int J Radiat Biol*, 2006; 82(7): 465-472.
- 70 Urban P, Lukas E, and Roth Z. Does acute exposure to the electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? A pilot study. *Cent Eur J Public Health*, 1998; 6(4): 288-290.
- 71 Bak M, Sliwinska-Kowalska M, Zmyslony M, *et al.* No effects of acute exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on brainstem auditory potentials in young volunteers. *Int J Occup Med Environ Health*, 2003; 16(3): 201-208.
- 72 Oysu C, Topak M, Celik O, *et al.* Effects of the acute exposure to the electromagnetic field of mobile phones on human auditory brainstem responses. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2005; 262(10): 839-843.
- 73 Yuasa K, Arai N, Okabe S, *et al.* Effects of thirty minutes mobile phone use on the human sensory cortex. *Clin Neurophysiol*, 2006; 117(4): 900-905.
- 74 Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, *et al.* Effects of weak mobile phone-Electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 488-497.
- 75 Arai N, Enomoto H, Okabe S, *et al.* Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways. *Clin Neurophysiol*, 2003; 114(8): 1390-1394.
- 76 Bamio DE, Ceranic B, Cox R, *et al.* Mobile telephone use effects on peripheral audiovestibular function: a case-control study. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(2): 108-117.

- 77 Janssen T, Boege P, Mikusch-Buchberg J, *et al.* Investigation of potential effects of cellular phones on human auditory function by means of distortion product otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*, 2005; 117(3 Pt 1): 1241-1247.
- 78 Kerekhanjanarong V, Supiyaphun P, Naratrico J, *et al.* The effect of mobile phone to audiologic system. *J Med Assoc Thai*, 2005; 88 Suppl 4: S231-S234.
- 79 Monnery PM, Srouji EI, and Bartlett J. Is cochlear outer hair cell function affected by mobile telephone radiation? *Clin Otolaryngol Allied Sci*, 2004; 29(6): 747-749.
- 80 Oktay MF and Dasdag S. Effects of intensive and moderate cellular phone use on hearing function. *Electromagn Biol Med*, 2006; 25(1): 13-21.
- 81 Ozturan O, Erdem T, Miman MC, *et al.* Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing. *Acta Otolaryngol*, 2002; 122(3): 289-293.
- 82 Paglialonga A, Tognola G, Parazzini M, *et al.* Effects of mobile phone exposure on time frequency fine structure of transiently evoked otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*, 2007; 122(4): 2174-2182.
- 83 Parazzini M, Bell S, Thuróczy G, *et al.* Influence on the mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure. *Hear Res*, 2005; 208(1-2): 68-78.
- 84 Pau HW, Sievert U, Eggert S, *et al.* Can electromagnetic fields emitted by mobile phones stimulate the vestibular organ? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005; 132(1): 43-49.
- 85 Sievert U, Eggert S, and Pau HW. Can mobile phone emissions affect auditory functions of cochlea or brain stem? *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005; 132(3): 451-455.
- 86 Uloziene I, Uloza V, Gradauskiene E, *et al.* Assessment of potential effects of the electromagnetic fields of mobile phones on hearing. *BMC Public Health*, 2005; 5(1): 39.
- 87 Aalto S, Haarala C, Bruck A, *et al.* Mobile phone affects cerebral blood flow in humans. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2006; 26(7): 885-890.
- 88 Haarala C, Aalto S, Hautzel H, *et al.* Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: a PET study. *Neuroreport*, 2003; 14(16): 2019-2023.
- 89 Huber R, Treyer V, Schuderer J, *et al.* Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur J Neurosci*, 2005; 21(4): 1000-1006.
- 90 Curcio G, Ferrara M, De Gennaro L, *et al.* Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport*, 2004; 15(1): 161-164.
- 91 Edlestyn N and Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*, 2002; 13(1): 119-121.
- 92 Eliyahu I, Luria R, Hareuveny R, *et al.* Effects of radiofrequency radiation emitted by cellular telephones on the cognitive functions of humans. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(2): 119-126.
- 93 Keetley V, Wood AW, Spong J, *et al.* Neuropsychological sequelae of digital mobile phone exposure in humans. *Neuropsychologia*, 2006; 44(10): 1843-1848.
- 94 Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, *et al.* Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport*, 2000; 11(2): 413-415.
-

- 95 Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, *et al.* The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport*, 2000; 11(8): 1641-1643.
- 96 Lass J, Tuulik V, Ferenets R, *et al.* Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int J Radiat Biol*, 2002; 78(10): 937-944.
- 97 Maier R, Greter SE, and Maier N. Effects of pulsed electromagnetic fields on cognitive processes - a pilot study on pulsed field interference with cognitive regeneration. *Acta Neurol Scand*, 2004; 110(1): 46-52.
- 98 Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, *et al.* Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol*, 1999; 75(4): 447-456.
- 99 Smythe JW and Costall B. Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects. *Neuroreport*, 2003; 14(2): 243-246.
- 100 Besset A, Espa F, Dauvilliers Y, *et al.* No effect on cognitive function from daily mobile phone use. *Bioelectromagnetics*, 2005; 26(2): 102-108.
- 101 Cinel C, Boldini A, Russo R, *et al.* Effects of mobile phone electromagnetic fields on an auditory order threshold task. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28: 493-496.
- 102 Haarala C, Björnberg L, Ek M, *et al.* Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24(4): 283-288.
- 103 Haarala C, Ek M, Björnberg L, *et al.* 902 MHz mobile phone does not affect short term memory in humans. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(6): 452-456.
- 104 Haarala C, Takio F, Rintee T, *et al.* Pulsed and continuous wave mobile phone exposure over left versus right hemisphere: effects on human cognitive function. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28(4): 289-295.
- 105 Russo R, Fox E, Cinel C, *et al.* Does acute exposure to mobile phones affect human attention? *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(3): 215-220.
- 106 Schmid G, Sauter C, Stepansky R, *et al.* No influence on selected parameters of human visual perception of 1970 MHz UMTS-like exposure. *Bioelectromagnetics*, 2005; 26(4): 243-250.
- 107 Terao Y, Okano T, Furubayashi T, *et al.* Effects of thirty-minute mobile phone use on visuo-motor reaction time. *Clin Neurophysiol*, 2006; 117(11): 2504-2511.
- 108 Curcio G, Valentini E, Moroni F, *et al.* Psychomotor performance is not influenced by brief repeated exposures to mobile phones. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(3): 237-241.
- 109 Unterlechner M, Sauter C, Schmid G, *et al.* No effect of an UMTS mobile phone-like electromagnetic field of 1.97 GHz on human attention and reaction time. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(2): 145-153.
- 110 Riddervold IS, Pedersen GF, Andersen NT, *et al.* Cognitive function and symptoms in adults and adolescents in relation to rf radiation from UMTS base stations. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(4): 257-267.
- 111 Haarala C, Bergman M, Laine M, *et al.* Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7: S144-S150.

- 112 Lee TM, Ho SM, Tsang LY, *et al.* Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field
emitted by mobile phones. *Neuroreport*, 2001; 12(4): 729-731.
- 113 Lee TM, Lam PK, Yee LT, *et al.* The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field
emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*, 2003; 14(10): 1361-1364.
- 114 Preece AW, Goodfellow S, Wright MG, *et al.* Effect of 902 MHz mobile phone transmission on
cognitive function in children. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7: S138-S143.
- 115 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. TNO-study on the effects of
GSM and UMTS signals on well-being and cognition. The Hague: Health Council of the
Netherlands, 2004; publication nr 2004/13E.
- 116 Regel SJ, Negovetic S, Rösli M, *et al.* UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive
performance. *Environ Health Perspect*, 2006; 114(8): 1270-1275.
- 117 Wilén J, Johansson A, Kalezić N, *et al.* Psychophysiological tests and provocation of subjects with
mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(3): 204-214.
- 118 Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, *et al.* Effects of global communication system
radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without
subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003; FEL-03-C148.
- 119 WHO International EMF Project. 2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields. Internet:
http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf. Accessed 6-2008.
- 120 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Proposals for research into
health effects of electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz). The Hague: Health Council of the
Netherlands, 2006; publication nr 2006/11E.
- 121 Eriksen HR and Ursin H. Sensitization and subjective health complaints. *Scand J Psychol*, 2002;
43(2): 189-196.
- 122 Escobar JI, Hoyos-Nervi C, and Gara M. Medically unexplained physical symptoms in medical
practice: a psychiatric perspective. *Environ Health Perspect*, 2002; 110 Suppl 4: 631-636.
- 123 Reid S, Wessely S, Crayford T, *et al.* Frequent attenders with medically unexplained symptoms:
service use and costs in secondary care. *Br J Psychiatry*, 2002; 180: 248-253.
- 124 Statistics Netherlands. Health and care in numbers 2008 (in Dutch). The Hague: Statistics
Netherlands, 2008.
- 125 Mayou R and Farmer A. ABC of psychological medicine: Functional somatic symptoms and
syndromes. *BMJ*, 2002; 325(7358): 265-268.
- 126 Salkovskis PM. The cognitive approach to anxiety: threat beliefs, safety-seeking behavior, and the
special case of health anxiety and obsessions. In: *Frontiers of cognitive therapy*, Salkovskis PM, Eds.
New York: The Guilford Press, 1996.
- 127 Havenaar JM, de Wilde EJ, van den Bout J, *et al.* Perception of risk and subjective health among
victims of the Chernobyl disaster. *Soc Sci Med*, 2003; 56(3): 569-572.
- 128 Eriksson NM and Stenberg BG. Baseline prevalence of symptoms related to indoor environment.
Scand J Public Health, 2006; 34(4): 387-396.
-

- 129 Schröttner J and Leitgeb N. Sensitivity to electricity--temporal changes in Austria. *BMC Public Health*, 2008; 8: 310.
- 130 Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, *et al.* Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scand J Work Environ Health*, 2002; 28(1): 33-41.
- 131 Levallois P, Neutra R, Lee G, *et al.* Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California. *Environ Health Perspect*, 2002; 110 Suppl 4: 619-623.
- 132 Röösl M, Moser M, Baldinini Y, *et al.* Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure--a questionnaire survey. *Int J Hyg Environ Health*, 2004; 207(2): 141-150.
- 133 Santini R, Seigne M, and Bonhomme-Faivre L. [Danger of cellular telephones and their relay stations]. *Pathol Biol (Paris)*, 2000; 48(6): 525-528.
- 134 Santini R, Santini P, Danze JM, *et al.* [Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex]. *Pathol Biol (Paris)*, 2002; 50(6): 369-373.
- 135 Santini R, Santini P, Danze JM, *et al.* [Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II/ Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors]. *Pathol Biol (Paris)*, 2003; 51(7): 412-415.
- 136 Santini R, Santini P, Le Ruz P, *et al.* Survey of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003; 22: 41-49.
- 137 Santini R, Seigne M, Bonhomme-Faivre L, *et al.* Symptomes rapportés par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. *Pathol Biol (Paris)*, 2001; 49(3): 222-226.
- 138 Navarro E, Segura J, Portolés M, *et al.* The Microwave Syndrome: A preliminary study in Spain. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003; 22(2): 161-169.
- 139 Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup Med (Oxf)*, 1998; 48(6): 357-360.
- 140 Altpeter ES, Krebs T, Pfluger DH, *et al.* Study on the health effects of the shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland. Bern: Bundesamt fur Energiewirtschaft, 1995; BEW Publication Series Study No. 55.
- 141 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. GSM base stations. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication nr 2000/16E.
- 142 Altpeter ES, Röösl M, Battaglia M, *et al.* Effect of short-wave (6-22 MHz) magnetic fields on sleep quality and melatonin cycle in humans: the Schwarzenburg shut-down study. *Bioelectromagnetics*, 2006; 27(2): 142-150.
- 143 Chia SE, Chia HP, and Tan JS. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: a community study. *Environ Health Perspect*, 2000; 108(1): 1059-1062.
- 144 Chia SE, Chia HP, and Tan JS. Health hazards of mobile phones. Prevalence of headache is increased among users in Singapore. *BMJ*, 2000; 321(7269): 1155-1156.

- 145 Mortazavi SM, Ahmadi J, and Shariati M. Prevalence of subjective poor health symptoms associated
with exposure to electromagnetic fields among university students. *Bioelectromagnetics*, 2007;
28(4): 326-330.
- 146 Söderqvist F, Carlberg M, and Hardell L. Use of wireless telephones and self-reported health
symptoms: a population-based study among Swedish adolescents aged 15-19 years. *Environ Health*,
2008; 7: 18.
- 147 Thomas S, Kuhnlein A, Heinrich S, *et al.* Personal exposure to mobile phone frequencies and well-
being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 2008; 29(6): 463-
470.
- 148 Berg-Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, *et al.* Mobile phone base stations and adverse health effects:
phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup
Environ Med*, 2009; 66(2): 124-130.
- 149 Kromhout H and Loomis DP. The need for exposure grouping strategies in studies of magnetic fields
and childhood leukemia. *Epidemiology*, 1997; 8(2): 218-219.
- 150 Loomis D and Kromhout H. Exposure variability: concepts and applications in occupational
epidemiology. *Am J Ind Med*, 2004; 45(1): 113-122.
- 151 Hietanen M, Hamalainen AM, and Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure
to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics*, 2002; 23(4): 264-270.
- 152 Koivisto M, Haarala C, Krause CM, *et al.* GSM phone signal does not produce subjective symptoms.
Bioelectromagnetics, 2001; 22(3): 212-215.
- 153 Lonne-Rahm S, Andersson B, Melin L, *et al.* Provocation with stress and electricity of patients with
"sensitivity to electricity". *J Occup Environ Med*, 2000; 42(5): 512-516.
- 154 Oftedal G, Straume A, Johnsson A, *et al.* Mobile phone headache: a double blind, sham-controlled
provocation study. *Cephalalgia*, 2007; 27(5): 447-455.
- 155 Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, *et al.* Are some people sensitive to mobile phone signals? Within
participants double blind randomised provocation study. *BMJ*, 2006; 332(7546): 886-891.
- 156 Hillert L, Åkersted T, Lowden A, *et al.* The effects of 884 MHz GSM wireless communication
signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics*,
2008; 29(3): 185-196.
- 157 Health Council of the Netherlands: Radiofrequency Radiation Committee. Radiofrequency
electromagnetic fields (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Health Council of the Netherlands, 1997;
publication nr 1997/01.
- 158 Nieto-Hernandez R, Rubin GJ, Cleare AJ, *et al.* Can evidence change belief? Reported mobile phone
sensitivity following individual feedback of an inability to discriminate active from sham signals. *J
Psychosom Res*, 2008; 65(5): 453-460.
- 159 Mueller CH, Krueger H, and Schierz C. Project NEMESIS: perception of a 50 Hz electric and
magnetic field at low intensities (laboratory experiment). *Bioelectromagnetics*, 2002; 23(1): 26-36.
- 160 Leitgeb N and Schröttner J. Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity.
Bioelectromagnetics, 2003; 24(6): 387-394.
-

- 161 Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a
systematic review. *Environ Res*, 2008; 107(2): 277-287.
- 162 Rubin GJ, Munshi JD, and Wessely S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of
provocation studies. *Psychosom Med*, 2005; 67(2): 224-232.
- 163 Health Council of the Netherlands. Chronic fatigue syndrome. The Hague: Health Council of the
Netherlands, 2004; publication nr 2005/02E.
- 164 Leitgeb N, Schröttner J, Cech R, *et al.* EMF-protection sleep study near mobile phone base-stations.
Somnologie, 2008; 12: 234-243.

A The committee

Annex

The committee

The membership of the Electromagnetic Fields Committee at the time of the production of this Annual Update was as follows:

- Dr. G.C. van Rhoon, *chairman*
physicist, Erasmus University Medical Centre, Rotterdam
 - Dr. L.M. van Aernsbergen, *adviser*
physicist, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague
 - Prof. G. Brussaard
professor of Radio Communication (Emeritus), Eindhoven University of Technology
 - Dr. G. Kelfkens, *adviser*
physicist, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven
 - Prof. H. Kromhout
professor of Occupational Hygiene and Exposure Assessment, Institute for Risk Assessment Sciences, University of Utrecht
 - Prof. F.E. van Leeuwen
professor of Cancer Epidemiology, Free University of Amsterdam, epidemiologist, Netherlands Cancer Institute, Amsterdam
 - Dr. H.K. Leonhard, *adviser*
physicist, Ministry of Economic Affairs, Groningen
-

- Prof. W.J. Wadman
professor of Neurobiology, University of Amsterdam
- D.H.J. van de Weerd, physician
toxicologist and specialist in environmental medicine, Central Gelderland
Municipal Health Service (GGD), Arnhem
- Prof. A.P.M. Zwamborn
professor of Electromagnetic Effects; Eindhoven University of Technology /
physicist, TNO (Organisation for Applied Scientific Research), The Hague
- Dr. E. van Rongen, *secretary*
radiobiologist, Health Council, The Hague

The Health Council and interests

Members of Health Council Committees – which also include the members of the Advisory Council on Health Research (RGO) since 1 February 2008 – are appointed in a personal capacity because of their special expertise in the matters to be addressed. Nonetheless, it is precisely because of this expertise that they may also have interests. This in itself does not necessarily present an obstacle for membership of a Health Council Committee. Transparency regarding possible conflicts of interest is nonetheless important, both for the President and members of a Committee and for the President of the Health Council. On being invited to join a Committee, members are asked to submit a form detailing the functions they hold and any other material and immaterial interests which could be relevant for the Committee's work. It is the responsibility of the President of the Health Council to assess whether the interests indicated constitute grounds for non-appointment. An advisorship will then sometimes make it possible to exploit the expertise of the specialist involved. During the establishment meeting the declarations issued are discussed, so that all members of the Committee are aware of each other's possible interests.