
GSM-basisstations

Aan de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Onderwerp : aanbieding advies GSM-basisstations
Uw kenmerk : DGM/SVS/99207094
Ons kenmerk : -2625/EvR/RA/673-C
Bijlagen : 1
Datum : 29 juni 2000

Mijnheer de minister,

Het gebruik van mobiele telefoons heeft de afgelopen anderhalf jaar een zeer sterke groei gekend, die thans nog onverminderd doorgaat. Als gevolg hiervan worden steeds meer mensen blootgesteld aan de elektromagnetische velden waarmee de informatie-overdracht tussen mobiele telefoon en basisstation plaatsvindt. Dat roept de vraag op of die blootstelling nadelige effecten op de gezondheid kan hebben. U hebt met uw ambtgenoot van VWS en mede namens de Staatssecretaris van V&W, in september 1999 de Gezondheidsraad gevraagd hierover advies uit te brengen. Uit een nadere ambtelijke toelichting op de adviesaanvraag bleek dat er op korte termijn vooral behoefte is aan een advies over de basisstations, in het kader van het in ontwikkeling zijnde Nationaal Antennebeleid.

Op 9 maart 2000 heb ik de Commissie Elektromagnetische velden geïnstalleerd die, voorlopig voor een periode van vier jaar, regelmatig zal rapporteren over de wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van gezondheidseffecten van blootstelling aan dergelijke velden. De eerste taak van de commissie was het opstellen van een advies over GSM-basisstations. Dit advies bied ik u, gehoord de Beraadsgroep Stralingshygiëne, hierbij aan.

De commissie zal zich nu gaan wijden aan het opstellen van een algemeen advies over gezondheidsaspecten rond mobiele telefonie, waarin ook de blootstelling ten gevolge van de mobiele telefoons zelf uitgebreide aandacht zal krijgen. Tevens zal de commissie in dat advies anticiperen op nieuwe ontwikkelingen, zoals de 'derde generatie' mobiele telefonie, UMTS.

Hoogachtend,
w.g.
prof. dr JA Knottnerus

GSM-basisstations

aan:

de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat

de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Nr 2000/16, Den Haag, 29 juni 2000

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad: GSM-basisstations. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/16.

auteursrecht voorbehouden

ISBN: 90-5549-328-7

Inhoud

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 7

1 Inleiding 10

1.1 Achtergrond 10

1.2 De adviesaanvraag 12

1.3 De commissie 13

1.4 Opbouw advies 13

2 Beschrijving basisstation 15

2.1 Doel 15

2.2 Constructie 15

2.3 Netwerk 17

3 Gezondheidsaspecten 19

3.1 Thermische effecten 19

3.2 Niet-thermische effecten 20

3.3 Elektromagnetische compatibiliteit 24

4 Voorzorgsbeginsel 27

4.1 Thermische effecten 28

4.2 Niet-thermische effecten 28

5	Blootstellingslimieten	30
---	------------------------	----

6	Veldsterkteniveaus bij basisstations	33
6.1	Antennes	33
6.2	Schotelantennes	35

7	Laagfrequent geluid en trillingen	37
---	-----------------------------------	----

8	Conclusies en aanbevelingen	38
8.1	Algemene bevolking	38
8.2	Beroepsmatig blootgestelden	39
8.3	Klachten	39
8.4	Wet- en regelgeving	40
8.5	Controle en handhaving	40
8.6	Centrale registratie technische gegevens	41

	Literatuur	42
--	------------	----

	Bijlagen	45
A	De adviesaanvraag	46
B	De commissie	48
C	Veldsterktes nabij een basisstation	50
D	Sommering van veldsterktes van verschillende frequenties	52

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Mobiele telecommunicatie heeft de afgelopen jaren een enorme ontwikkeling doorgemaakt. De snelle verspreiding in de maatschappij heeft, behalve tot vele praktische voordelen die aan het gebruik verbonden zijn, ook geleid tot vragen over mogelijk voor de gezondheid nadelige gevolgen van blootstelling aan de elektromagnetische velden die gebruikt worden voor het draadloos communiceren. Dergelijke vragen leven vooral bij veel mensen die geconfronteerd werden met de plaatsing van een basisstation in hun woonomgeving.

De commissie *Elektromagnetische velden* van de Gezondheidsraad bespreekt in dit advies, in antwoord op vragen van de betrokken bewindslieden, de opbouw van een basisstation en de elektromagnetische veldsterktes in de omgeving ervan. Zij vergelijkt die veldsterktes met de blootstellingslimieten die zij voorstelt op basis van een overzicht van de wetenschappelijke literatuur.

De commissie handhaaft de op thermische effecten gebaseerde blootstellingslimieten zoals voorgesteld in het in 1997 uitgebrachte advies *Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz)*. Niet-thermische effecten bieden geen wetenschappelijke basis voor het vaststellen van blootstellingslimieten. De bewindslieden vragen echter of er aanleiding is om door middel van toepassing van het voorzorgsbeginsel de blootstellingslimieten op een lager niveau vast te stellen dan de waarden die op grond van thermische effecten zijn voorgesteld. De commissie heeft deze vraag pragmatisch benaderd door te onderzoeken of er voor niet-thermische effecten een redelijk vermoeden is van een gezondheidsrisico. Zij vindt dat dit voor geen van de drie in het advies behandelde catego-

riën niet-thermische effecten – biologische effecten, carcinogenese en specifieke klachten – het geval is. Het antwoord op de vraag van de bewindslieden is daarom negatief.

De kans dat zich in woon- en werkruimtes onder basisstations gezondheidsproblemen voordoen als gevolg van blootstelling aan de elektromagnetische velden die van de antennes afkomstig zijn, acht de commissie verwaarloosbaar klein. De veldsterktes liggen altijd ruimschoots beneden de blootstellingslimieten.

Op het dakoppervlak zijn de veldsterktes doorgaans hoger dan in de ruimtes onder het dak. Omdat de hoofdbundel van de antennes vrijwel horizontaal is gericht en de antennes meestal enkele meters boven het dakoppervlak zijn gemonteerd, zullen personen die zich op het dakoppervlak bevinden niet worden blootgesteld aan veldsterktes die de blootstellingslimieten voor de algemene bevolking overschrijden.

Als vuistregel kan aangehouden worden dat in de vrije ruimte de minimale afstand tot de antennes in de bundel 3 meter moet zijn en daarbuiten 0,5 meter. Voor de meeste antennes betekent dit weliswaar een extra veiligheidsmarge, maar het is eenvoudiger en praktischer om overal dezelfde afstand aan te houden dan die te laten variëren afhankelijk van het vermogen van de antenne.

Op plaatsen waar het mogelijk is om binnen bovengenoemde afstand van een antenne te komen, dienen maatregelen genomen te worden om dit te voorkomen.

Bij blootstelling onder beroepsmatige omstandigheden, dat wil zeggen van personen die bekend zijn met de risico's en met maatregelen om ze te verminderen, zijn hogere limieten van toepassing. Bij een afstand van meer dan 10 cm tot de boven-, onder- en achterzijde van een antenne en tot de hoofdbundel zijn geen bijzondere maatregelen nodig. Is de afstand kleiner of dient men zich in de hoofdbundel te begeven, dan moeten veiligheidsmaatregelen genomen worden. Het werkdocument *Guidelines for defining working conditions related to exposure to non-ionising electromagnetic fields* van het European Telecommunications Standardization Institute (ETSI) geeft hiervoor een goede handreiking.

De commissie vindt dat mensen al tijdens de planningsfase van de bouw van een basisstation in hun woon- of werkomgeving bij de ontwikkelingen betrokken moeten worden. Dat kan veel problemen voorkomen, omdat gezondheidsklachten veelal het gevolg zullen zijn van angst voor het onbekende, te meer als daarbij ook nog 'straling' een rol speelt. Treden er klachten op, dan dienen deze te allen tijde serieus genomen te worden. Het als nog geven van voorlichting in situaties waar dat nog niet is gebeurd kan veel problemen wegnemen. Bij aanhoudende klachten zou onderzocht kunnen worden of mogelijk laag-frequent geluid of trillingen een rol spelen.

Bij de huidige veldsterktes in woon- of verblijfruimtes in de nabijheid van basisstations is het vrijwel uitgesloten dat zich storingsproblemen met medische of andere elektrische of elektronische apparatuur voordoen als deze voldoet aan de Europese immuniteitsrichtlijnen. Omdat medische implantaten, zoals insulinepompjes, pacemakers en andere stimulators, aan strengere eisen moeten voldoen dan andere medische apparatuur is de kans op storingen bij dergelijke apparaten, met de bijbehorende gezondheidsproblemen, nog kleiner. Mochten toch storingen optreden (en dat zal vrijwel uitsluitend het geval zijn bij niet-medische elektronische apparatuur), dan moeten deze uiteraard altijd zo snel mogelijk opgelost worden. De Regeling storingsklachten biedt daartoe een afdoende handvat.

Er is op dit moment in Nederland geen wettelijke mogelijkheid om plaatsing van antennes (en daarmee ook van basisstations) op grond van gezondheidsoverwegingen te reguleren. De commissie beveelt aan dat hierin wordt voorzien, bijvoorbeeld door wijziging van de Telecommunicatiewet of de Wet Milieubeheer.

De commissie stelt voor om van alle basisstations de technische gegevens, een veldsterkteberekening en eventuele metingen centraal te laten registreren. De Duitse aanpak kan hierbij als voorbeeld dienen. In Duitsland is wettelijk voorgeschreven dat elke antenneinstallatie wordt aangemeld bij de autoriteiten en dat deze melding vergezeld gaat van een 'locatiecertificaat' dat alle hierboven genoemde gegevens van de installatie bevat. Een dergelijke registratie kan van nut zijn bij controle en handhaving en het verstrekken van informatie aan bijvoorbeeld omwonenden.

Er dient op zo kort mogelijke termijn duidelijkheid te komen over de toedeling van verantwoordelijkheden voor controle van de inrichting van de basisstations en van de door de antennes uitgezonden veldsterktes en voor de handhaving van de betreffende regelgeving. Het ligt niet op de weg van de commissie hier verdere uitspraken over te doen, maar zij wijst er wel op dat problemen eenvoudiger opgelost en vaak zelfs voorkomen kunnen worden als het voor het publiek duidelijk is tot welke instantie zich met vragen kan wenden.

Inleiding

1.1 Achtergrond

De afgelopen jaren zijn gekenmerkt door een snelle toename van de mobiele telecommunicatie. De openbare mobiele telefonie begon in 1980 met het eerste autotelefoonnet, ATF-1. Voor landelijke dekking zorgden 29 basisstations, die in totaal 2000 autotelefoons konden bedienen. De technische ontwikkelingen hebben sedertdien een hoge vlucht genomen en met de komst van het DCS 1800-systeem is, mede dankzij de sterke commerciële benadering van het publiek, mobiele telefonie voor iedereen bereikbaar geworden. Tabel 1 geeft een overzicht van de ontwikkelingen.

Tabel 1 Ontwikkeling van mobiele telefonie in Nederland.

ingebruikneming	netwerk	aantal basisstations	aantal gebruikers
1980	ATF-1	29	2000
1985	ATF-2	126	30 000
1989	ATF-3	363	> 250 000
1994	GSM 900	> 1000	> 6 000 000
1998	DCS 1800	> 6000	> 1 000 000

De ATF-netten zijn thans niet meer in gebruik. Binnen enkele jaren zullen nieuwere systemen en netwerken naast GSM 900 en DCS 1800 in gebruik komen. Een voorbeeld is UMTS (*Universal Mobile Telephone System*), waarmee een snelle overdracht van grote hoeveelheden gegevens mogelijk zal zijn. Daarmee komt mobiel internetten en videobeelden versturen binnen bereik. Nog dit jaar zal begonnen worden met het veilen van de frequentiebanden voor UMTS. Voor het opzetten van de UMTS netwerken zullen circa 12 000 basisstations nodig zijn.

De huidige mogelijkheden voor het gebruik van mobiele telecommunicatie hebben in de ogen van de commissie zowel positieve als negatieve aspecten. Een belangrijk positief aspect is dat aan de toegenomen behoefte aan communicatie wordt voldaan. Mensen willen op een eenvoudige en relatief goedkope manier met elkaar in contact kunnen komen. Daarnaast kan het bij zich hebben van een mobiele telefoon het gevoel van onveiligheid, dat in de hedendaagse maatschappij steeds vaker voorkomt, verminderen. Ook het inroepen van hulpdiensten bij (verkeers)ongevallen kan sneller plaatsvinden.

Negatieve aspecten kunnen bijvoorbeeld zijn een toename van hinder door de meest uiteenlopende oproepsignalen van mobiele telefoons in openbare ruimtes en het luidruchtig voeren van gesprekken. Het voeren van gesprekken tijdens het besturen van een voertuig kan, zelfs als dat plaats vindt met gebruikmaking van een *handsfree set*, de verkeersveiligheid in gevaar brengen (IEG00).

Hoe het ook zij, het is een feit dat een grote en nog steeds groeiende groep mensen gebruik wil maken van mobiele telefonie. Om er voor te zorgen dat het mogelijk is vanaf elke plek in Nederland op een goede en storingsvrije wijze mobiel te telefoneren, moet er een netwerk van vast opgestelde zend- en ontvangstations ('basisstations') zijn waarmee de mobiele beller aansluiting kan krijgen op het reguliere (kabel)telefoonnet. Het aantal van deze basisstations is met name de afgelopen twee jaar zeer sterk toegenomen. Dat heeft verschillende oorzaken. Ten eerste is er de vraag naar capaciteit. Elk basisstation kan slechts een bepaald aantal gesprekken tegelijkertijd verwerken. Als er meer vraag is, zullen er daarom meer basisstations geplaatst moeten worden. Ten tweede is er de vraag naar kwaliteit. Om overal een goede verbinding te kunnen krijgen, ook binnenshuis, is een tamelijk dicht netwerk van basisstations nodig. Ten derde heeft de overheid besloten om concurrentie op de mobiele telefoonmarkt toe te laten. Daarom zijn thans vijf *operators* in Nederland werkzaam. Deze hebben elk hun eigen systeem, zodat er vijf afzonderlijke netwerken nodig zijn. Overigens schept de Telecommunicatiewet (Stb89) wel de verplichting om zoveel mogelijk gebruik te maken van dezelfde opstelpunten.

Door de toename van het aantal benodigde basisstations en doordat de daartoe behorende antennes op hooggelegen plaatsen moeten worden aangebracht, vindt, vooral in verstedelijkte gebieden, een voortdurende zoektocht plaats naar hoge bouwwerken die geschikt zijn als opstelpunt. Er zijn niet altijd voldoende geschikt gelegen bedrijfsgebouwen om te kunnen voldoen aan de technische eisen die de opbouw van een netwerk stelt

en het oprichten van vrijstaande masten is meestal om diverse redenen niet mogelijk. Daarom zijn sedert eind 1998 in toenemende mate eigenaren van hoge woongebouwen benaderd om toestemming voor het plaatsen van een basisstation. Mede dankzij een ruime financiële vergoeding hiervoor kon doorgaans snel medewerking worden verkregen. Bewoners van dergelijke woongebouwen werden vervolgens onaangekondigd geconfronteerd met activiteiten op het dak, soms zelfs 's nachts, resulterend in de plaatsing van een antenne-installatie. Als dan bekend raakt dat er op het dak een antenne staat die 'straling' uitzendt –een begrip dat toch vaak met gezondheidsbedreigingen wordt geassocieerd– is het niet vreemd dat mensen verontrust worden wanneer zij niet op enigerlei wijze bij (de plannen voor) die plaatsing betrokken zijn geweest en geïnformeerd zijn over gezondheidsaspecten. Veronderstellingen dat in de nabijheid van dergelijke antennes frequent gezondheidsproblemen zouden voorkomen, vinden dan een vruchtbare voedingsbodem. In het tweede kwartaal van 1999 verspreidden dergelijke berichten zich als een olievlek over Nederland en werd door de publieke verontrusting het plaatsen van nieuwe basisstations steeds moeilijker. Zowel de overheid als de operators hebben er sinds die tijd veel aan gedaan om te voorzien in de behoefte aan voorlichting en informatie. Veel gemeenten in Nederland hebben een eigen 'antennebeleid' ontwikkeld of zijn hiermee bezig. Een van de belangrijkste vragen hierbij is, of het wonen in de directe nabijheid van een basisstation een verhoogd risico voor de gezondheid kan betekenen. De Gezondheidsraad heeft in 1997 het advies *Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz)* uitgebracht (GR97), waarin op basis van wetenschappelijke gegevens aanbevelingen worden gegeven voor blootstellingslimieten. Dit advies is in de discussies over gezondheidseffecten een belangrijke rol gaan spelen. Het bevat echter geen specifiek op basisstations voor mobiele telefonie gerichte aanbevelingen. Op verzoek van de Ministers van VROM en VWS en de Staatssecretaris van V&W heeft een commissie van de Raad daarom het voorliggende advies opgesteld.

1.2 De adviesaanvraag

In september 1999 ontving de Gezondheidsraad een verzoek van de zojuist genoemde bewindslieden om een overzicht te geven van de sedert het uitkomen van het advies in 1997 gepubliceerde relevante literatuur en om hieruit tot conclusies en aanbevelingen te komen ten aanzien van mobiele telefonie. De adviesaanvraag is opgenomen in bijlage A. In een nadere ambtelijke toelichting is duidelijk gemaakt dat advisering over gezondheidsaspecten van het wonen in de nabijheid van een basisstation hoge prioriteit heeft in het kader van het Nationaal Antennebeleid dat thans door het Ministerie van V&W wordt ontwikkeld. In de adviesaanvraag wordt tevens gevraagd of er aanleiding is op basis van het zogenoemde voorzorgsbeginsel stringentere blootstellingslimieten te hanteren dan wanneer alleen uitgegaan wordt van de (wetenschappelijk vastgestelde) thermische effecten. Dat

wil zeggen dat in de normstelling rekening wordt gehouden met mogelijke gezondheidseffecten, ook al is het bestaan daarvan niet wetenschappelijk vastgesteld. In Italië en Zwitserland is dit al gebeurd (Gaz98, Sch99). Ten principale is het al of niet toepassen van het voorzorgsbeginsel een politieke beslissing. De Raad kan alleen materiaal aandragen waarop die beslissing kan worden gebaseerd.

1.3 De commissie

De Gezondheidsraad heeft een lange traditie met betrekking tot het uitbrengen van adviezen over de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op de gezondheid. De afgelopen jaren is de publieke belangstelling voor dit onderwerp aanzienlijk verhevigd, met name door de sterke groei van de mobiele telefonie. De Raad wordt dan ook voortdurend geconfronteerd met vragen over dit onderwerp. Om adequaat op deze ontwikkelingen te kunnen reageren heeft de Voorzitter van de Gezondheidsraad besloten om, voorlopig voor een periode van vier jaar, de *Commissie Elektromagnetische velden* in te stellen. Deze commissie heeft tot taak jaarlijks te rapporteren over de wetenschappelijke ontwikkelingen in haar aandachtsgebied en adviesaanvragen ter zake in behandeling te nemen. Ook zal zij tussentijds, wanneer daar aanleiding voor is, commentaar moeten kunnen geven op belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen.

De commissie, waarvan de samenstelling is vermeld in bijlage B, is op 9 maart 2000 geïnstalleerd. Zij kreeg als eerste taak het beantwoorden van de in 1.2 genoemde adviesaanvraag, waarbij een advies over gezondheidsaspecten samenhangend met het wonen in de nabijheid van GSM-basisstations de hoogste prioriteit heeft.

1.4 Opbouw advies

Het voorliggende advies heeft uitsluitend betrekking op basisstations voor de GSM 900- en DCS 1800-systemen. In een volgend advies zal ook aandacht worden besteed aan de mobiele telefoons en aan andere draadloze telecommunicatiesystemen.

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van een GSM 900- of DCS 1800-basisstation. In hoofdstuk 3 geeft de commissie een overzicht van de relevante, per eind april 2000 beschikbare, wetenschappelijke literatuur. Dit overzicht is voornamelijk gebaseerd op recente reviewartikelen. In hoofdstuk 4 gaat de commissie in op het voorzorgsbeginsel. In hoofdstuk 5 komt zij tot aanbevelingen voor blootstellingslimieten, die in hoofdstuk 6 afgezet worden tegen de actuele elektromagnetische veldsterktes bij de basisstations. In hoofdstuk 7 komen laagfrequent geluid en trillingen kort aan de orde als mogelijk alternatieve oorzaken voor ervaren gezondheidsproblemen. De commissie formuleert in hoofdstuk 8 haar conclusies en aanbevelingen, ook ten aanzien van het omgaan met enkele concrete situaties.

De bijlagen bevatten, behalve de adviesaanvraag en de samenstelling van de commissie, een voorbeeld van veldsterktemetingen bij een basisstation en uitleg over de methodiek van het sommeren van veldsterktes van verschillende frequenties.

Beschrijving basisstation

2.1 Doel

Een GSM 900- of DCS 1800-basisstation heeft tot doel door middel van radiofrequente elektromagnetische velden signaaloverdracht te verzorgen tussen een mobiele telefoon en een netwerk voor mobiele of gewone telefonie.

2.2 Constructie

In deze paragraaf geeft de commissie geen uitgebreide technische beschrijving van een basisstation, maar een opsomming van de verschillende onderdelen waaruit het is opgebouwd en hun functie.

De volgende onderdelen zijn altijd aanwezig:

- Antennekasten, bestaande uit een doorgaans rechthoekige kunststof behuizing van circa 1 tot 2,5 m hoogte, waarin een aantal dipoolantennes is ondergebracht. Waar de commissie in het advies spreekt van ‘antennes’ bedoelt zij deze antennekasten. De karakteristieken van de stralingsbundel komen in hoofdstuk 6 aan de orde.
- Een apparatuurkast met de voeding en de eigenlijke zender.
- Kabels voor de energievoorziening en voor de signaaloverdracht tussen de zender en de antennes.

Afhankelijk van de constructie kunnen ook aanwezig zijn:

- Een draagconstructie voor de antennes (bijvoorbeeld een mast).
-

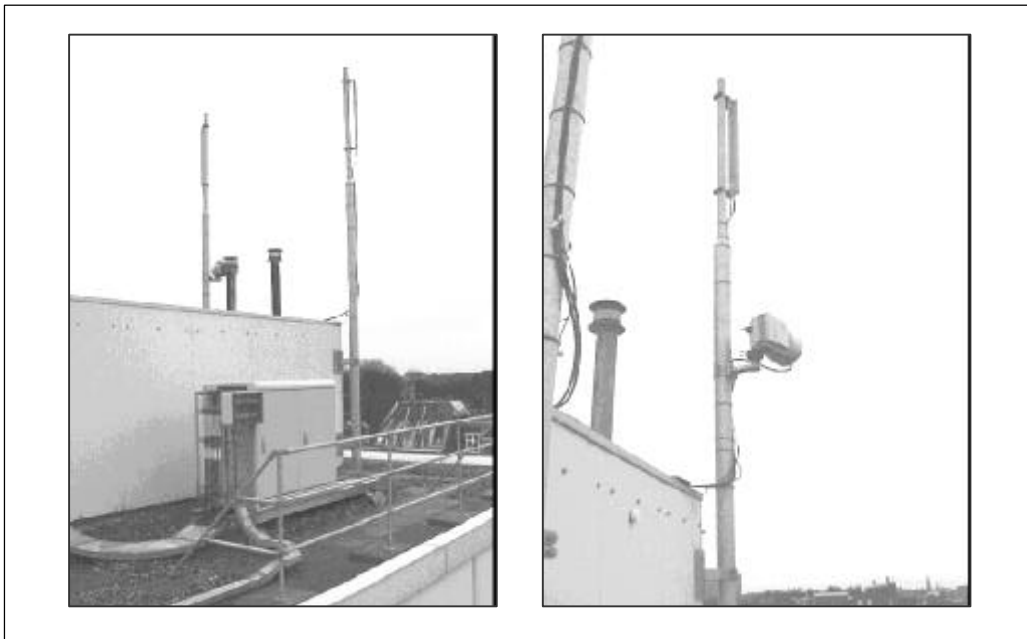
- Een schotelvormige antenne ten behoeve van een straalverbinding met een ander basisstation.
- Een aansluiting, in de apparatuurkast, op het vaste (kabel)netwerk en een bijbehorende kabelverbinding.

Niet alle basisstations hebben een directe verbinding met het vaste netwerk. In stedelijke gebieden, waar veel basisstations relatief dicht bij elkaar staan, fungeren enkele basisstations als verzamelpunt. Zij staan door middel van straalverbindingen in contact met diverse andere stations in de omgeving.

De uiterlijke verschijningsvorm van de basisstations is zeer divers. Soms wordt geprobeerd de installatie zoveel mogelijk in de omgeving ‘weg te werken’.

In dunbevolkte gebieden worden de antennes vaak bevestigd op een vrijstaande vakwerkmast met een hoogte van 20 tot 35 m. Als tijdelijke voorziening wordt soms ook wel een korte mast gemonteerd op de arm van een kraan of dragline. Een bijzondere situatie is een mast die is gecamoufleerd als boom.

In verstedelijkte gebieden en in landelijke gebieden zonder hoge obstakels worden antennes vaak bevestigd op een of meer korte masten die geplaatst zijn op het dak van een gebouw, of tegen de zijgevel zodanig dat de mast boven de dakrand uitsteekt, of op een wegportaal.



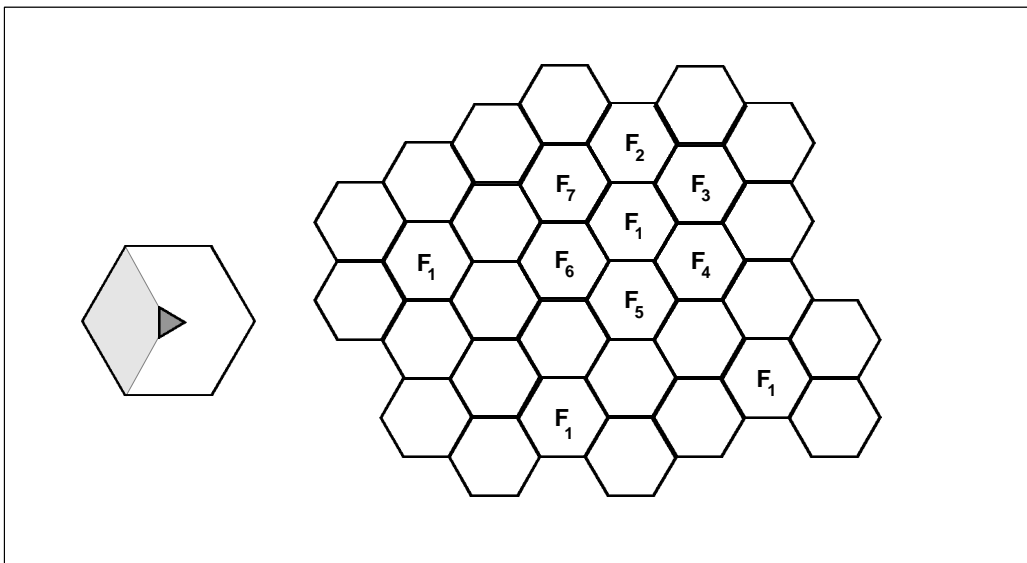
Figuur 1 Een basisstation; links twee van de drie masten met bovenin een antenne en op de voorgrond de apparatuurkast; rechts een van de masten met antenne en een schotelantenne voor de straalverbinding.

Antennes worden ook wel direct aan de gevel bevestigd, in klokkentorens geplaatst achter galmgaten, op hoge reclamezuilen of aan hoogspanningsmasten gemonteerd.

2.3 Netwerk

Een GSM 900- of DCS 1800-netwerk is volgens een cellulaire structuur opgebouwd. Ieder basisstation verzorgt een beperkt gebied rondom het station, een 'cel'. In elke cel wordt een bepaald aantal frequentiebanden gebruikt. Naastgelegen cellen kunnen niet van dezelfde frequentiebanden gebruik maken, omdat er aan de rand van de cel altijd sprake is van enige overlap van het verzorgingsgebied.

Afhankelijk van de grootte van het verzorgingsgebied wordt gesproken van een macro-, micro- of picocel. Macrocellen bestrijken een gebied met een straal van enkele honderden meters tot ongeveer tien kilometer. In dichtbevolkte, verstedelijkte gebieden is de cel relatief klein. Dat heeft vooral te maken met de capaciteitsbehoefte: omdat de capaciteit per basisstation beperkt is, zijn er in verstedelijkte gebieden meer basisstations nodig zijn en zijn de cellen dus kleiner. Vanwege de geringere reikwijdte is ook het vermogen van de basisstations bij kleinere cellen verhoudingsgewijs laag. Daardoor blijft bij een toename van het aantal basisstations als gevolg van verkleining van de cellen het totaal uitgezonden vermogen toch nagenoeg gelijk.



Figuur 2 Schematische weergave van de cellulaire structuur van een netwerk. Naastgelegen cellen hebben verschillende frequenties (F_1 t/m F_7). Links zijn de positie van het basisstation in de cel en het verzorgingsgebied van één antenne weergegeven.

Microcellen worden doorgaans geïnstalleerd in gebieden waar op een beperkt oppervlak veel mensen bijeenkomen, bijvoorbeeld in winkelcentra of op stations. De straal van een microcel is meestal niet meer dan circa honderd meter. De antennes worden vanwege dat beperkte verzorgingsgebied relatief laag geplaatst en hebben een laag vermogen.

Picocellen vinden hun toepassing in bedrijven en kantoren. De antennes hebben een zeer beperkte reikwijdte van hooguit enkele tientallen meters en zijn doorgaans tegen het plafond aan de muur gemonteerd. Zij hebben een zeer laag vermogen, vergelijkbaar met dat van de basisstations van in huis gebruikte draagbare systemen, zoals DECT-telefoons.

Verkleining van de cellen gaat gepaard met een kortere afstand tussen het basisstation en de mobiele telefoon. Omdat de telefoons zodanig zijn geconstrueerd dat zij altijd met een zo laag mogelijk vermogen zenden, zal een kleinere celgrootte er toe leiden dat het gemiddelde zendvermogen van, en daarmee ook de veldsterkte rond de telefoons, lager is dan bij grotere cellen.

Gezondheidsaspecten

De commissie heeft zich in het volgende overzicht vooral gebaseerd op enkele in de afgelopen jaren verschenen overzichtsartikelen en -rapporten en heeft zich, waar mogelijk, ook gebaseerd op de meest recente informatie.

De biologische effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden kunnen op verschillende wijzen worden ingedeeld. Het meest gebruikte onderscheid is dat tussen thermische en niet-thermische effecten. Bij thermische effecten speelt de ontwikkeling van warmte een rol, bij niet-thermische effecten is dat niet het geval.

3.1 Thermische effecten

Uitsluitend voor effecten die het gevolg zijn van de ontwikkeling van warmte in biologisch materiaal door toedoen van radiofrequente elektromagnetische velden is het bestaan wetenschappelijk vastgesteld. Er is een goed inzicht in de gevolgen van warmteontwikkeling op cellen, organen en organismen. In het Gezondheidsraadadvies uit 1997 is daarvan al een overzicht gegeven (GR97). Een recenter overzicht, dat met betrekking tot de beschrijving van warmte-effecten overeenkomt met het Gezondheidsraadadvies, is het rapport van een Expert Panel van de Canadese Royal Society (RSC99). In beide rapporten wordt geconcludeerd dat voor blootstelling van het gehele lichaam bij een energie-opname, uitgedrukt in de Specific Absorption Rate (SAR), van minder dan 4 W/kg geen gezondheidsproblemen optreden. In een recente publicatie geeft D'Andrea een overzicht van gedragsexperimenten met proefdieren, waarin ook voor het optreden van gedragsveranderingen een ondergrens van 4 W/kg is gevonden (D'An99).

Wanneer alleen lichaamsdelen worden blootgesteld, zijn doorgaans hogere SAR waarden acceptabel. Het Canadese rapport zet enige vraagtekens bij de hogere grenswaarden die in Canada worden toegelaten voor blootstelling van alleen het hoofd. Volgens de commissie die het rapport opstelde zou mogelijk de grenswaarde van 8 W/kg die voor beroepsmatige blootstelling acceptabel wordt geacht onvoldoende bescherming bieden tegen oogschade.* In de omgeving van GSM 900- en DCS1800-basisstations vindt in het algemeen alleen blootstelling van het gehele lichaam plaats. De commissie gaat in het voorliggende advies dan ook alleen van die situatie uit. De limieten zijn daarbij veel lager dan wanneer alleen delen van het lichaam worden blootgesteld.

3.2 Niet-thermische effecten

Veel van de recente ongerustheid over mogelijke gezondheidseffecten samenhangend met mobiele telefonie heeft betrekking op niet-thermische effecten. In het advies van de Gezondheidsraad uit 1997 (GR97) zijn veel van deze effecten al aan bod gekomen. Het in 3.1 genoemde rapport van de Canadese Royal Society (RSC99) en een recent verschenen rapport van een Engelse adviescommissie (IEG00) bevatten een uitgebreid overzicht. De belangrijkste aspecten zullen hier kort de revue passeren. De commissie wijst er op dat er voor geen van deze niet-thermische effecten inzicht is in de mogelijk eraan ten grondslag liggende fysische effecten.

3.2.1 Effecten op celmembranen

In verscheidene onderzoeken is gevonden dat blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden het transport van calcium-, natrium- en kaliumionen door de celmembraan kan beïnvloeden. In veel gevallen kan niet uitgesloten worden, of is het zelfs zeer waarschijnlijk, dat dit een thermisch effect is. Met name bij de *in vitro* onderzoeken naar calciumdynamiek is daarnaast gevonden dat bij laagfrequente modulatie van het radiofrequente signaal veranderingen in dit ionentransport optreden.

Het is niet bekend of dit soort effecten leidt tot veranderingen in het functioneren van de cel. Evenmin is bekend of in een intact organisme, dat een veel complexer systeem is dan een enkelvoudige laag gekweekte cellen, dergelijke membraaneffecten optreden en wellicht uiteindelijk tot gezondheidseffecten leiden.

De resultaten van de onderzoeken zijn weinig eenduidig. Zij geven geen inzicht in mogelijke drempelwaardes of blootstellings-respons relaties.

* Het oog heeft, als gevolg van de lage doorbloeding, slechts een geringe mogelijkheid om toegevoegde warmte af te voeren. Hierdoor kan de temperatuur in het oog snel tot een schadelijk niveau stijgen.

3.2.2 Genotoxiciteit en carcinogenese

In een recente publicatie geven Brusick e.a. een overzicht van de *in vitro* genotoxiciteitsgegevens, dat wil zeggen gegevens over schade aan het DNA, het erfelijk materiaal, die een stap kan zijn in het proces van ontwikkeling van kanker (carcinogenese) (Bru98). Bij de analyse heeft de kwaliteit van de onderzoeken een belangrijke rol gespeeld. De conclusie van deze auteurs is dat er geen sterke aanwijzingen zijn dat radio- frequente elektromagnetische velden tussen 30 MHz en 300 GHz DNA-schade veroorzaken. Voor zover er effecten gevonden zijn, bij relatief hoge veldsterkteniveaus, zijn deze naar alle waarschijnlijkheid het gevolg van thermische processen. Bij de veldsterkteniveaus die aanwezig zijn in de nabijheid van GSM 900- en DCS 1800-basisstations is nooit enig effect gevonden.

De conclusie van de Canadese en Engelse rapporten (IEG00, RSC99), die mede berusten op recentere gegevens, zijn hiermee in overeenstemming. Deze rapporten bevatten ook een uitgebreid overzicht van de relevante *in vivo* onderzoeksresultaten. Ook daaruit blijkt dat er bij de zeer lage veldsterkteniveaus zoals aanwezig bij basisstations geen effecten gevonden zijn. Voor zover er bij hogere veldsterktes wel effecten zijn gevonden, geven deze een inconsistent en moeilijk te duiden beeld.

Elwood geeft een gedegen en kritisch overzicht van de epidemiologische gegevens over een mogelijke relatie tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het voorkomen van kanker (Elw99). Ook in dit geval is het beeld erg inconsistent. Daarnaast valt nogal wat af te dingen op de kwaliteit van de onderzoeken, met name die waar een verband het sterkst naar voren lijkt te komen. Er zijn geen onderzoeken verricht bij omwonenden van basisstations. De meest relevante onderzoeken hebben betrekking op mogelijke effecten van het wonen in de nabijheid van radio- en televisiezenders. De meest uitgebreide onderzoeken zijn gedaan in Australië en Engeland. In beide landen bleek in een eerste, verkennend onderzoek dat er wellicht een geringe verhoging van de kans op leukemie en enkele andere vormen van kanker is in de directe omgeving van de zenders (Do197b, Hoc96). Blijkens uitgebreider onderzoek, in Australië in een groter gebied rondom het zendercomplex (Hoc99, McK98, McK99) en in Engeland bij meer zenders (Do197a), bestaat het eerder gevonden verband niet. De commissie onderschrijft de conclusie uit het overzicht van Elwood dat de epidemiologische gegevens niet wijzen op het bestaan van een mogelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en kanker.

De commissie komt tot de slotsom dat de gegevens over genotoxiciteit en carcinogenese niet wijzen op enig gezondheidsrisico bij de veldsterktes waaraan het algemene publiek in de omgeving van GSM 900- en DCS 1800-basisstations kan blootstaan.

3.2.3 *Effecten op hersenfuncties*

De eerder genoemde Canadese en Engelse rapporten geven een uitgebreid overzicht van de verschillende invloeden van radiofrequente elektromagnetische velden op het functioneren van de hersenen.

Een relatie met diverse klinische ziektebeelden, zoals toevallen, epilepsie en ziekte van Alzheimer, is niet gevonden.

In een toenemend aantal onderzoeken wordt een mogelijke relatie tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en slaapstoornissen onderzocht. De resultaten duiden erop dat blootstelling aan de relatief hoge veldsterktes bij mobiele telefoons (die 50 tot 100 maal hoger zijn dan de veldsterktes in woonruimtes nabij basisstations) invloed kan hebben op de hersenactiviteit tijdens de slaapcyclus. De natuurlijke elektrische activiteit in de hersenen vertoont een zeer karakteristiek cyclisch golfpatroon tijdens de slaap. Blootstelling aan externe elektromagnetische velden kan leiden tot veranderingen in dat patroon. Voor lagere veldsterktes zijn nooit aanwijzingen voor een dergelijk verband gevonden. De commissie acht het onwaarschijnlijk dat deze effecten voor zullen komen bij de zeer lage veldsterktes die bij basisstations aanwezig zijn. Overigens resulteerde de invloed op het slaappatroon in geen van de onderzoeken tot gezondheidsklachten bij de onderzochte vrijwilligers. Soms was er zelfs sprake van een positief effect, doordat men tijdens blootstelling sneller in slaap viel en minder vaak wakker werd (Bor99).

Klachten over slaapstoornissen zijn wel gevonden in een onderzoek onder omwonenden van een kortegolfzendstation bij Schwarzenburg in Zwitserland. De commissie heeft het eindrapport van dit onderzoek bestudeerd en zet vraagtekens bij de opzet en uitvoering ervan (Alt95). Zij meent dat de gegevens uit het rapport onvoldoende hard maken dat er een verband is tussen blootstelling aan de radiofrequente velden van het kortegolfstation en het optreden van slaapstoornissen of andere specifieke gezondheidsklachten.

Hoofdpijn is een andere specifieke klacht die nogal eens in verband wordt gebracht met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden. Er zijn echter geen onderzoeksresultaten die een onderbouwing bieden voor het bestaan van een oorzakelijk verband. De commissie kent ook geen aannemelijk biologisch mechanisme dat zo'n verband zou kunnen verklaren. Bedacht moet worden dat hoofdpijn vele oorzaken kan hebben. Een belangrijke oorzaak is spanning. Het is zeer goed mogelijk dat onzekerheid en onbekendheid over de 'straling' die van mobiele telefoons en hun basisstations afkomstig is, psychische spanningen veroorzaakt die tot hoofdpijnlachten leiden. In 3.2.4 gaat de commissie nader in op psychosomatische verschijnselen.

Een laatste te bespreken verschijnsel is de mogelijke invloed van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op cognitieve functies, zoals geheugen, reactie-

snellheid en concentratie. In een onderzoek van Preece e.a. (Pre99) werden gezonde vrijwilligers blootgesteld aan GSM 900-signalen van een mobiele telefoon. Van een serie van 15 verschillende tests, bleek er één een significant positieve verandering te vertonen: in één van de reactiesnelheidstests nam de reactiesnelheid met 3% toe. In een qua opzet vergelijkbaar onderzoek van Koivisto e.a. (Koi00) zijn 12 cognitieve tests afgenomen. Voor drie daarvan wordt een significante vermindering van de functie in kwestie gerapporteerd. De commissie vindt echter de statistische bewerking van de gegevens onjuist en kan de conclusie van de auteurs dat een effect is vastgesteld daarom niet onderschrijven. Bovendien zijn de positieve tests in beide onderzoeken verschillend. In een onderzoek van Freude e.a. (Fre00), waarbij ook blootstelling aan elektromagnetische velden van een GSM 900-telefoon plaats vond, is geen effect gevonden bij drie cognitieve functietests, maar wel op spontane elektrische hersenactiviteit. Bij de meest veeleisende van de drie functietests zijn geringe veranderingen in langzame hersenpotentialen gemeten.

De commissie concludeert dat een directe invloed van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op cognitieve functies niet is uit te sluiten, maar dat de tot dusver gevonden effecten zeer gering en reversibel zijn. De commissie vindt dat er meer goed opgezet onderzoek nodig is naar de aard en omvang van deze effecten. Op grond van de huidige gegevens concludeert zij dat het onwaarschijnlijk is dat gezondheidsproblemen zullen optreden bij de blootstellingsniveaus die samenhangen met het gebruik van een mobiele telefoon. Zij acht het vrijwel uitgesloten dat de vele malen lagere veldsterktes in de nabijheid van basisstations veranderingen van cognitieve functies veroorzaken.

3.2.4 *Psychosomatische effecten*

Niettegenstaande het hierboven genoemde, zijn er duidelijke aanwijzingen voor het bestaan van een relatie tussen het optreden van specifieke klachten en het wonen in de nabijheid van een basistation of een andere antenne-installatie. Het is aannemelijk dat angst voor elektromagnetische velden ('straling') hierbij een rol speelt. Een onderbouwing van deze aanname is vooral te vinden in een overzichtsartikel over onderzoek naar de relatie tussen subjectieve gezondheidsklachten ('elektromagnetische hypersensitiviteit') en blootstelling aan elektromagnetische velden (Ber97). Daaruit blijkt dat er geen verband bestaat tussen het optreden van de klachten en de sterkte en frequentie van de elektromagnetische velden. Ook zijn de resultaten vaak tegenstrijdig en inconsequent en is geen biologisch mechanisme bekend dat de klachten zou kunnen verklaren.

Onderzoek naar de gezondheidseffecten van ioniserende straling en van blootstelling aan giftige stoffen geeft sterke aanwijzingen dat mensen die vrezen dat zij worden blootgesteld aan voor de gezondheid schadelijke invloeden, klachten kunnen krijgen die zij toeschrijven aan de gevolgen van deze blootstelling. Ook kunnen zij bestaande klachten

of ziekten toeschrijven aan de (al dan niet vermeende) blootstelling en kunnen zij een selectieve waarneming vertonen van lichamelijke verschijnselen en die in verband brengen met de blootstelling. Op grond van sterke correlaties tussen het optreden van dit soort klachten of attributies en maten voor (psychische) stress wordt aangenomen dat het hier gaat om psychische effecten (Hav99). Het is niet onwaarschijnlijk dat soortgelijke effecten ook bij blootstelling aan elektromagnetische velden optreden en dat de perceptie van het aan die blootstelling verbonden risico een rol speelt bij het ontstaan van die effecten (Mat98, Ren97).

3.3 Elektromagnetische compatibiliteit

In toenemende mate wordt bij de behandeling van bepaalde categorieën patiënten gebruik gemaakt van implanteerbare medische hulpmiddelen, bijvoorbeeld pacemakers en anderzootige stimulators en insuliepompjes. Het is van belang dat dergelijke apparatuur onder alle omstandigheden ongestoord blijft functioneren. Is dit niet het geval, dan zou dat negatieve gevolgen voor de gezondheid kunnen hebben. Daarom besteedt de commissie hier aandacht aan mogelijke storing van dergelijke apparaten door elektromagnetische velden.

Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) is het vermogen of de eigenschap van een elektrisch of elektronisch apparaat om bevredigend te functioneren in zijn elektromagnetische omgeving zonder zelf ontoelaatbare stoorsignalen toe te voegen (IEC89). Ofwel: apparaten mogen niet storen en moeten zelf voldoende ongevoelig (immuun) te zijn voor storingen. Om enige zekerheid te hebben dat aan de immuniteitseis wordt voldaan, is in 1992 de EMC-richtlijn 89/336/EEG van de Europese gemeenschap van kracht geworden (REG89)*. Op grond van deze richtlijn rust bij de fabrikant de plicht om er voor te zorgen en aan te tonen dat zijn apparaat voldoende immuun is. De EMC-richtlijn 89/336/EEG is een zogenaamde 'horizontale' (algemene) richtlijn. Voor specifieke groepen apparaten kunnen andere richtlijnen van toepassing zijn. Dit is onder meer het geval voor medische apparatuur (93/42/EEG) en voor actieve implanteerbare medische apparaten (90/385/EEG) (REG90, REG93).

Voor medische apparatuur is, met inachtneming van de betreffende richtlijn, een geharmoniseerde EMC-norm opgesteld van 3 V/m voor het frequentiegebied van 26 MHz – 1 GHz (IEC93)**. Deze norm is echter niet van toepassing op frequenties boven 1 GHz, terwijl er toch in toenemende mate gebruik gemaakt wordt van dit deel van het elektromagnetisch spectrum, bijvoorbeeld door het DCS 1800 systeem. Dat maakt het aantonen van immuniteit in dit frequentiegebied lastiger.

* Europese richtlijnen zijn dwingend en dienen in nationale wetgeving geïmplementeerd te worden.

** Dergelijke normen hebben een vrijwillig karakter en dienen als hulpmiddel om te bepalen of aan de in de richtlijnen genoemde essentiële eisen wordt voldaan.

Met betrekking tot geïmplanteerde medische hulpmiddelen stelt de Europese richtlijn 90/385/EEG essentiële eisen aan de immuniteit. Die eisen zijn nader uitgewerkt in technische normen die vaststellen tegen welke minimale veldsterktes deze apparaten bestand moeten zijn. Deze minimale veldsterktes zijn enerzijds hoger dan de veldsterkte in de hierboven genoemde algemene immuniteitseisen voor medische apparatuur en anderzijds hoger dan de op gezondheidkundige overwegingen vastgestelde blootstellingslimieten, zoals die van de Gezondheidsraad en de ICNIRP (GR97, ICN98). Indien aan deze gezondheidkundige richtlijnen is voldaan, is het onwaarschijnlijk dat er storingen zullen optreden in de betreffende medische implantaten. Ook deze technische normen stellen echter geen eisen voor frequenties boven 1 GHz. Het ligt wel in de rede dat bij frequenties die niet veel hoger zijn dan 1 GHz de apparatuur een immuniteit heeft die vergelijkbaar is met die voor frequenties onder 1 GHz.

Recent heeft TNO een uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van elektromagnetische velden op medische apparatuur, zoals insuline- en infuus-pompen (Hen00). De resultaten van dit onderzoek geven geen aanleiding te veronderstellen dat in de woonomgeving van een basisstation de goede werking van deze apparatuur verstoord wordt. Dit geldt, op grond van andere publicaties, ook voor pacemakers. Wel is in het Gezondheidsraadadvies van 1997 geadviseerd een minimale afstand van 15 cm te handhaven tussen een ingeschakelde draagbare telefoon en een geïmplanteerde pacemaker. Het lijkt zinvol dat advies voorlopig nog te handhaven.

Het is in principe mogelijk dat ambulante medische apparatuur (niet zijnde medische implantaten) die voldoet aan de EMC-norm, in een omgeving met een veldsterkte beneden de gezondheidkundige blootstellingslimiet toch in zijn goede werking wordt gestoord. Dat kan zich bijvoorbeeld voordoen wanneer die apparatuur zich in de directe nabijheid van een zendinstallatie bevindt. Het bovengenoemde TNO-rapport bevestigt eerdere bevindingen dat een ingeschakelde draagbare telefoon op korte afstand van dergelijke medische apparatuur in sommige gevallen de werking kan verstoren. De commissie vindt dat dit probleem het beste door een goede publieksvoorlichting in de gebruiksaanwijzingen van zowel de draagbare telefoons als de medische apparaten kan worden ondervangen.

Vorzorgsbeginsel

In de adviesaanvraag wordt verzocht aan te geven in hoeverre er aanleiding is om op basis van het voorzorgsbeginsel stringentere normen te hanteren dan op grond van thermische effecten. Het voorzorgsbeginsel is expliciet in het EG-verdrag vastgelegd als één van de uitgangspunten van het milieubeleid. Ook in Nederland is dit het geval. Het voorzorgsbeginsel wordt echter, mede op grond van jurisprudentie van het Hof van Justitie van de Europese Gemeenschap, ook op andere beleidsterreinen toegepast, waaronder volksgezondheid.

In februari 2000 heeft de Europese Commissie ter informatie voor de lidstaten een mededeling over de toepassing van het voorzorgsbeginsel gepresenteerd (Com00). Zij geeft hierin aan dat het zou moeten worden toegepast als er sprake is van een *redelijk vermoeden* van het bestaan van een milieu- of gezondheidsrisico. Bovendien geeft de Europese Commissie aan dat maatregelen gebaseerd op het voorzorgsbeginsel niet gericht moeten zijn op het volledig uitbannen van enig risico. Zij gaat er dus al van uit dat zo'n inspanning niet realistisch is. In dit advies hanteert de commissie een pragmatische benadering en gaat zij na of er sprake is van een redelijk vermoeden van het bestaan van een gezondheidsrisico als gevolg van niet-thermische effecten, dat zou kunnen leiden tot toepassing van het voorzorgsbeginsel.

In de *Aanbeveling van de Raad van de Europese Unie betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz* (REU99) staat in Bijlage 1 de opmerking:

Omdat tussen de grenswaarden voor acute effecten en de basisrestricties een veiligheidsfactor van ongeveer 50 ligt, bestrijkt deze aanbeveling impliciet eventuele langetermijneffecten in het gehele frequentiegebied.

De commissie kan zich met deze benadering niet geheel verenigen. Zij maakt met betrekking tot het toepassen van het voorzorgsbeginsel een onderscheid tussen thermische en niet-thermische effecten.

4.1 Thermische effecten

Thermische effecten zijn wetenschappelijk vastgesteld (zie 3.1) en vormen de basis voor de huidige blootstellingslimieten. Bij het vaststellen van deze blootstellingslimieten zijn veiligheidsmarges toegepast. Dit kan op zich niet worden beschouwd als het geven van een invulling aan het voorzorgsbeginsel in de zin zoals dat in de mededeling van de Europese Commissie (Com00) wordt bedoeld. Toch zit er wel een zekere mate van voorzorg in deze aanpak, omdat de veiligheidsmarges bedoeld zijn om een hoog niveau van bescherming te bieden aan alle leden van de bevolking, ook hen die wellicht een minder efficiënt temperatuurregelingsmechanisme hebben dan de gezonde volwassenen waarmee de experimentele gegevens zijn verkregen. De uiteindelijke blootstellingslimieten zijn door toepassing van de veiligheidsmarges op een zodanig niveau vastgesteld, dat er bij blootstelling aan veldsterktes onder de limieten geen redelijk vermoeden is van het bestaan van gezondheidsrisico's. Er is dan dus geen reden om het voorzorgsbeginsel op thermische effecten toe te passen.

4.2 Niet-thermische effecten

Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt, dat in *in vitro* experimenten en in onderzoeken met proefdieren soms effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden gevonden worden die hoogstwaarschijnlijk niet door temperatuurveranderingen verklaard kunnen worden. In geen enkel geval is echter gevonden dat dergelijke op korte termijn optredende biologische effecten tot gezondheidsschade op de korte of lange termijn leiden. Het menselijk lichaam heeft een groot vermogen om allerlei invloeden die er van buiten af op inwerken zodanig te neutraliseren dat geen gezondheidsproblemen ontstaan. Bovendien is het ook in staat tot fysiologische adaptatie. Was dat niet het geval, dan zou de gemiddelde levensduur aanzienlijk korter zijn dan nu het geval is, omdat een mens in het dagelijks leven voortdurend wordt blootgesteld aan kunstmatige, maar vooral ook aan natuurlijke potentieel schadelijke stoffen, straling en bedreigingen van biologische aard. Een biologisch effect leidt daarom niet automatisch altijd tot een voor de gezondheid schadelijk effect.

Een belangrijke vraag is, of er aanwijzingen zijn voor het bestaan van een relatie tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en de ontwikkeling van kanker. In 3.2.2 heeft de commissie geconcludeerd dat de beschikbare gegevens geen aanwijzingen geven voor het bestaan van een oorzakelijk verband.

Regelmatig wordt het vermoeden geuit dat een grote verscheidenheid aan gezondheidsproblemen, die veelal specifiek van aard zijn, het gevolg zou kunnen zijn van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden afkomstig van basisstations of mobiele telefoons. Het betreft klachten als hoofdpijn, slapeloosheid en concentratiestoornissen. Dergelijke klachten kunnen door velerlei oorzaken ontstaan. In het voorgaande hoofdstuk zijn sporadische, niet eenduidige gegevens beschreven, die wijzen op een mogelijke invloed van radiofrequente elektromagnetische velden op bepaalde hersenactiviteiten.

De commissie vindt dat er voor geen van deze drie categorieën niet-thermische effecten –biologische effecten, carcinogenese en specifieke klachten– thans een redelijk vermoeden is van een gezondheidsrisico. In de pragmatische benadering van de commissie is dan het antwoord op de vraag van de bewindslieden, of er aanleiding is om door middel van toepassing van het voorzorgsbeginsel de blootstellingslimieten op een lager niveau vast te stellen dan de waarden die op grond van thermische effecten zijn voorgesteld, negatief. Zoals in 1.2 aangegeven is het echter ten principale een politieke beslissing om het voorzorgsbeginsel al of niet toe te passen. Gezien de vragen die er nog zijn en in het licht van de toenemende omvang van de blootstelling van de bevolking aan door onder meer mobiele telefonie veroorzaakte elektromagnetische velden, pleit de commissie wel voor nader onderzoek naar mogelijk door die velden veroorzaakte niet-thermische effecten.

Blootstellingslimieten

In het voorgaande heeft de commissie betoogd dat zij geen aanleiding ziet af te wijken van de huidige blootstellingslimieten. Zij handhaaft derhalve de aanbevelingen voor blootstellingslimieten die gegeven zijn in de adviezen *Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz)* en *Elektromagnetische velden (0 Hz – 10 MHz)* (GR97, GR00).

In het voorgaande hoofdstuk is melding gemaakt van de *Aanbeveling van de Raad van de Europese Unie betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz* (REU99). Deze aanbeveling bevat blootstellingslimieten voor de algemene bevolking die gebaseerd zijn op de richtlijnen zoals opgesteld door de ICNIRP (International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection) (ICN98). Die richtlijnen wijken op enkele onderdelen af van de aanbevelingen van de Gezondheidsraad uit 1997. De basisbeperkingen in het frequentiegebied waarin de frequenties liggen waarmee mobiele telefonie werkt, zijn gelijk: een maximale energieopname, uitgedrukt als Specific Absorption Rate, SAR, van 0,4 W/kg voor beroepsmatige blootstelling en een SAR van 0,08 W/kg voor de algemene bevolking, gemiddeld over elke willekeurige blootstellingsperiode van 6 minuten. Met betrekking tot de afgeleide waarden, waarmee in de dagelijkse praktijk wordt gewerkt, zijn er echter verschillen tussen de aanbevelingen van de ICNIRP en de Gezondheidsraad, omdat er in het frequentiegebied van 10 GHz tot 300 GHz verschillen in de basisbeperkingen zijn die naar lagere frequenties doorwerken. Die verschillen hebben een tweeledige oorzaak.

Ten eerste stelt de ICNIRP voor het frequentiegebied tussen 10 GHz en 300 GHz als basisbeperking een vermogensdichtheid van het elektromagnetische veld vast van 50

W/m²; de Gezondheidsraad adviseert 100 W/m². Laatstgenoemde waarde komt overeen met aanbevelingen van andere organisaties (IEEE92, NRPB93) en sluit aan bij internationale richtlijnen voor blootstelling aan elektromagnetische velden met frequenties hoger dan 300 GHz (d.w.z., infrarood straling) (Ron98). De ICNIRP geeft geen andere onderbouwing van de lagere waarde dan dat zij een ‘conservative approach’ volgt.

De tweede oorzaak voor de verschillen tussen de aanbevelingen van de ICNIRP en de Gezondheidsraad is het feit dat de ICNIRP voor het gehele frequentiegebied tot aan 300 GHz hetzelfde onderscheid maakt tussen aanbevelingen voor de beroeps- en algemene bevolking, terwijl bij de Gezondheidsraad dat verschil tussen 10 GHz en 300 GHz geleidelijk kleiner wordt en bij 300 GHz niet meer bestaat. De reden hiervoor is, dat bij frequenties boven 300 GHz geen onderscheid wordt gemaakt tussen de twee groepen, en dat het niet logisch zou zijn om bij 300 GHz een plotselinge overgang te hebben in de blootstellingslimieten voor de algemene bevolking.

Omdat de commissie op het standpunt staat dat de aanbevelingen van de Gezondheidsraad uit 1997 logischer en consequenter zijn dan die van de ICNIRP uit 1998 (en dus ook logischer dan de aanbevelingen van de Raad van de Europese Unie uit 1999) handhaaft zij de aanbevelingen uit het advies *Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz)* (GR97). Voor de frequenties waarmee GSM 900 en DCS 1800 mobiele telefoonsystemen werken, zijn de blootstellingslimieten in tabel 2 vermeld. Ter vergelijking zijn de ICNIRP aanbevelingen ook aangegeven.

Tabel 2 Blootstellingslimieten voor 900 en 1800 MHz.

			basisbeperking	afgeleide waarden		
			SAR (W/kg)	elektrisch veld (V/m)	magnetisch veld (A/m)	magnetische fluxdichtheid (µT)
900 MHz	beroepsbevolking	GR	0,4	109	0,29	0,36
		ICNIRP	0,4	90	0,24	0,3
	algemene bevolking	GR	0,08	49	0,13	0,16
		ICNIRP	0,08	41	0,11	0,14
1800 MHz	beroepsbevolking	GR	0,4	180	0,47	0,6
		ICNIRP	0,4	127	0,34	0,42
	algemene bevolking	GR	0,08	81	0,22	0,26
		ICNIRP	0,08	58	0,16	0,2

Deze waarden zijn van toepassing op de frequenties waarmee de informatieoverdracht tussen het basisstation en de mobiele telefoons plaats vindt. Basisstations kunnen onder-

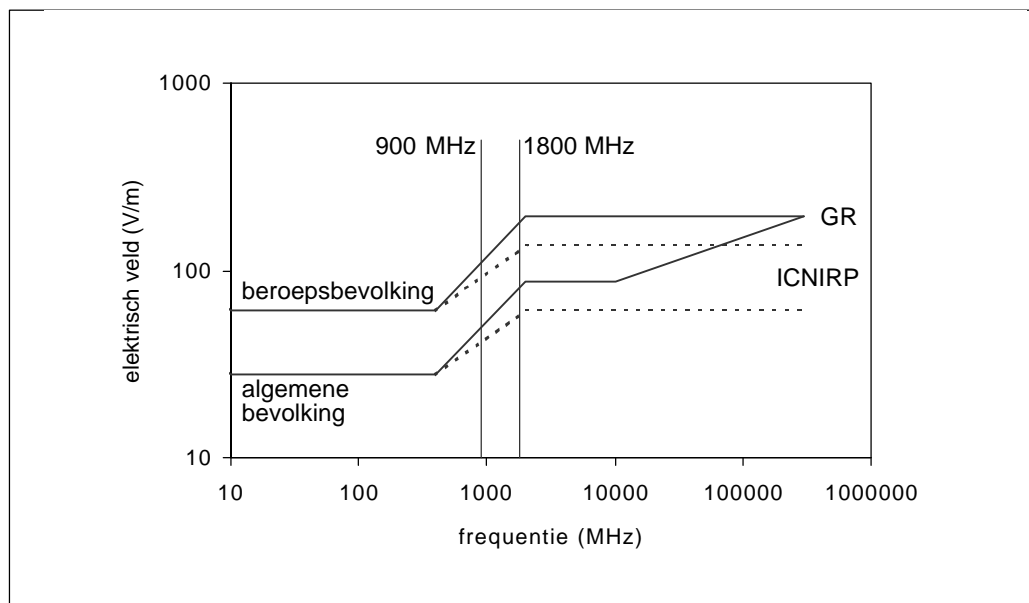
ling verbonden zijn met straalverbindingen. Die werken met frequenties tussen 24 en 40 GHz. De blootstellingslimieten voor deze frequenties staan in tabel 3.

Tabel 3 Blootstellingslimieten voor frequenties tussen 10 GHz en 300 GHz.

			basisbeper- king	afgeleide waardes		
			vermogens- dichtheid (W/m ²)	elektrisch veld (V/m)	magnetisch veld (A/m)	magnetische fluxdichtheid (μT)
10-300 GHz	beroeps- bevolking	GR	100	194	0,52	0,65
		ICNIRP	50	137	0,36	0,45
	algemene bevolking	GR	20	$49,5 \times f^{0,24 a}$	$0,13 \times f^{0,24 a}$	$0,17 \times f^{0,23 a}$
		ICNIRP	10	61	0,16	0,2

^a In GR97 was een onjuiste formule vermeld.

De blootstellingslimieten voor de elektrische veldsterkte zijn ter illustratie uitgezet in figuur 3, waarbij ook weer de vergelijking met de ICNIRP-richtlijnen is gemaakt.



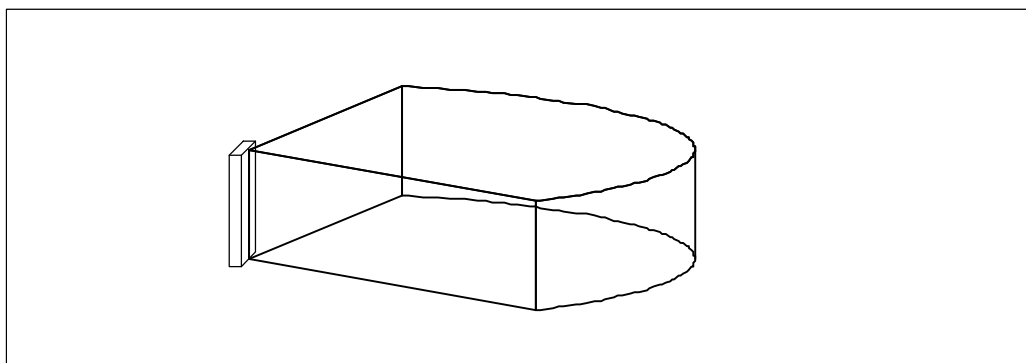
Figuur 3 Afgeleide waarden zoals gegeven door de Gezondheidsraad (getrokken lijnen) en de ICNIRP (gestippelde lijnen), voor de beroeps- en de algemene bevolking.

Veldsterkteniveaus bij basisstations

6.1 Antennes

6.1.1 *Bundelkarakteristiek*

De antenne zendt de elektromagnetische velden voornamelijk in voorwaartse horizontale richting uit, waarbij de bundel onder een hoek van 3 tot 6 graden naar beneden is gericht. Bij de meest gebruikelijke opbouw van een basisstation zijn er drie antennes. In dat geval wordt vanaf elke antenne de bundel in het horizontale vlak onder een hoek van circa 120° verspreid (figuur 4), zodat drie antennes een volledige cirkel dekken.

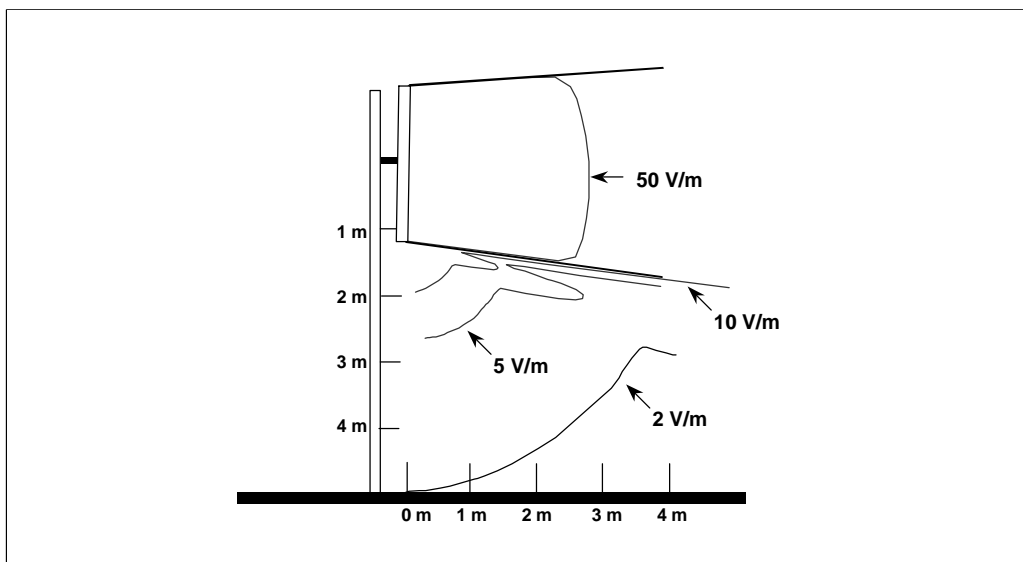


Figuur 4 Schematische voorstelling van de hoofdbundel van een antenne.

6.1.2 Veldsterkte in de bundel

De veldsterkte in de bundel is afhankelijk van het vermogen dat in de antenne wordt gevoerd en van de afstand tot de antenne. In het gebied dichtbij de antenne, het nabijheidsveld, is er geen lineair verband tussen de veldsterkte en de afstand, in het verre veld is dit wel het geval. Voor het berekenen van de grens tussen nabijheidsveld en verre veld is de afmeting van de bron van belang (GR97).

Bij de meest gebruikelijke antennes van basisstations blijft het nabijheidsveld beperkt tot een afstand van enkele meters van de antennes. In het nabijheidsveld neemt de veldsterkte buiten de bundel zeer sterk af met toenemende afstand tot de bundel. Uit eenvoudige berekeningen blijkt dat voor een antenne met een uitgestraald vermogen van circa 20 Watt, een representatieve waarde voor in Nederland opgestelde antennes, de blootstellingslimiet voor de algemene bevolking alleen binnen de bundel en binnen een afstand van circa 3 meter overschreden kan worden. In figuur 5 is een schematische voorstelling gegeven van genoemde berekende veldsterktes.



Figuur 5 Schematische voorstelling van de veldsterktes in de directe nabijheid van een GSM 900-antenne met een vermogen van circa 20 W.

6.1.3 *Veldsterkte buiten de bundel*

Buiten de bundel zijn de veldsterktes aanzienlijk lager dan in de bundel en worden de blootstellingslimieten niet overschreden (zie figuur 5).

Uit metingen die op diverse plaatsen in de omgeving van GSM 900- en DCS 1800-antennes zijn verricht, blijkt dat buiten de bundel op een afstand van 1 à 1,5 m van de onderkant van de bundel en op een afstand van minder dan circa 3 m van de antenne de veldsterkte niet hoger is dan circa 3 V/m. Op grotere afstand van de bundel en van de antenne is de veldsterkte omgekeerd evenredig met de afstand. Op de meeste begaanbare plaatsen op het dak zijn de veldsterktes in het algemeen lager dan 1 V/m. In Bijlage C is een voorbeeld gegeven van veldsterktemetingen en –berekeningen in de omgeving van een basisstation.

Als gevolg van de afscherpende werking van dakconstructies is in ruimten onder het dak de veldsterkte lager dan op het dakoppervlak. Uit diverse metingen blijkt dat die veldsterkte lager is dan circa 0,2 V/m.

Op grotere afstand van de antennes (bijvoorbeeld op straatniveau) zal de veldsterkte ook aanzienlijk lager zijn dan 1 V/m. De werkelijke veldsterkte zal van plaats tot plaats en van tijd tot tijd verschillen. Enerzijds komt dit doordat het uitgezonden vermogen van een GSM 900- of DCS 1800-antenne afhangt van de vraag naar capaciteit (en die is weer een functie van het aantal gesprekken dat tegelijkertijd gevoerd wordt). Anderzijds neemt de relatieve bijdrage van andere bronnen op grotere afstand van een basisstation toe. De blootstelling ligt in alle gevallen aanzienlijk onder de blootstellingslimieten.

6.2 **Schotelantennes**

6.2.1 *Bundelkarakteristiek*

De antenne zendt elektromagnetische velden met een frequentie tussen 24 en 40 GHz uit in een zeer nauwe bundel. De openingshoek is niet meer dan circa 30. Hierdoor is de bundel te vergelijken met de lichtbundel van een laser.

6.2.2 *Veldsterkte in de bundel*

Het vermogen van de bij basisstations gebruikte schotelantennes is niet meer dan circa 130 mW. De maximale vermogensdichtheid voor dergelijke antennes bedraagt viermaal het quotiënt van het beschikbaar vermogen en de oppervlakte van de antenne en treedt op in de hoofdbundel binnen een afstand tot de antenne die overeenkomt met een achtste van de verreveld-afstand (Pey61). De verreveld-afstand varieert van 14,4 m bij 24 GHz tot

24 m bij 40 GHz. De maximale vermogensdichtheid treedt derhalve op binnen 1,8 tot 3 m van de antenne.

Voor een antenne met een diameter van 30 cm en een maximaal vermogen van 130 mW is de maximale vermogensdichtheid $7,4 \text{ W/m}^2$, overeenkomend met een elektrische veldsterkte van $52,7 \text{ V/m}$. De blootstellingslimiet is voor de algemene bevolking 20 W/m^2 , of minimaal 106 V/m (voor een 24 GHz zender). Zelfs in de bundel wordt de blootstellingslimiet dus niet overschreden. De kans dat iemand in de bundel terecht komt is bovendien klein, omdat de bundel smal is en zich bij de gebruikelijke opstelling (aan een mast) buiten het bereik van het algemene publiek bevindt.

6.2.3 Veldsterkte buiten de bundel

De veldsterkte buiten de bundel is overal aanzienlijk lager dan binnen de bundel en dus eveneens aanzienlijk lager de blootstellingslimiet.

Voor afstanden tot de schotelantenne groter dan de halve verreveld-afstand neemt de door de antenne opgewekte elektrische veldsterkte bij benadering omgekeerd evenredig af met de afstand. De elektrische veldsterkte laat zich in dit geval eenvoudig berekenen. Tabel 4 geeft resultaten van berekeningen van de veldsterkte buiten de hoofdbundel op een afstand van 4 m tot een schotelantenne.

Tabel 4 Elektrische veldsterkte buiten de hoofdbundel op 4 m afstand van een schotelantenne met een vermogen van 130 mW.

aantal graden buiten hoofdbundel	elektrische veldsterkte (V/m)
5°	< 3,6
20°	< 1,5
50°	< 0,5
100°	< 0,15

Laagfrequent geluid en trillingen

Er bestaan bij sommigen vermoedens dat een deel van de klachten die bewoners van gebouwen waarop een antenne-installatie staat soms uiten, het gevolg zou kunnen zijn van laagfrequent geluid of trillingen afkomstig van de apparatuurkast of van door de wind veroorzaakte beweging van de mastconstructie of van eventuele tuidraden.

De commissie weet uit mondelinge rapportages dat in enkele gevallen inderdaad na veranderingen aan de apparatuurkast een vermindering van de klachten is opgetreden. Voor zover haar bekend is dit niet schriftelijk gedocumenteerd. In de wetenschappelijke literatuur zijn hierover ook geen gegevens te vinden.

De commissie meent dat bij het behandelen van klachten onderzocht zou moeten worden of laagfrequent geluid of trillingen mogelijk een rol spelen.

Conclusies en aanbevelingen

De commissie handhaaft de blootstellingslimieten die zijn voorgesteld in het advies *Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz) (GR97)*. De wetenschappelijke gegevens over niet-thermische effecten, waaronder de resultaten van epidemiologische onderzoeken naar een mogelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het vóórkomen van kanker, geven volgens de commissie geen aanleiding tot verlaging van de huidige blootstellingslimieten. De aanwijzingen dat ten gevolge van niet-thermische effecten gezondheidsproblemen kunnen optreden zijn daarvoor te zwak.

De blootstellingslimieten zijn vooral van belang voor situaties waar mensen zich in de directe omgeving van antennes kunnen bevinden.

8.1 Algemene bevolking

De commissie acht de kans dat zich in woon- en werkruimtes nabij GSM 900- en DCS 1800-basisstations gezondheidsproblemen voordoen als gevolg van blootstelling aan de elektromagnetische velden die van de antennes afkomstig zijn, uiterst gering. De veldsterktes liggen altijd ruimschoots beneden de door de Gezondheidsraad en andere organisaties aanbevolen gezondheidskundige limieten. De commissie wijst er overigens op dat ook in de landen waar de blootstellingslimieten met aanroeping van het voorzorgsbeginsel zijn verlaagd, Italië en Zwitserland, de resulterende limieten van 4-6 V/m in verblijfsruimtes onder basisstations niet overschreden worden.

Storingen door de elektromagnetische velden van basisstations in de werking van medische implantaten of andere hulpmiddelen zijn, indien voldaan is aan de betreffende Europese immuniteitseisen, zo goed als uitgesloten. Nader onderzoek is echter gewenst naar mogelijke storingen door draagbare communicatiemiddelen, zoals mobiele telefoons. De commissie zal daar in een voorgenomen uitgebreider advies op terug komen.

Op het dakoppervlak zijn de veldsterktes nabij een basisstation doorgaans hoger dan in de ruimtes onder het dak. Als de antennes enkele meters boven het dakoppervlak zijn gemonteerd zullen de veldsterktes voor personen die zich op het dakoppervlak bevinden altijd beneden de blootstellingslimieten voor de algemene bevolking blijven. In geval van twijfel dient dit door middel van meting geverifieerd te worden.

Als vuistregel kan aangehouden worden dat in de vrije ruimte de minimale afstand tot de antennes in de hoofdbundel 3 meter moet zijn en buiten de bundel 0,5 meter. Voor de meeste antennes betekent dit weliswaar een extra veiligheidsmarge, maar het is eenvoudiger en praktischer om overal dezelfde afstand aan te houden dan die te laten variëren afhankelijk van het vermogen van de antenne. Omdat antennes nagenoeg niet naar achteren uitstralen, is voor antennes die aan de gevel zijn bevestigd dit gegeven, in combinatie met de afzwakking door de gevelconstructie, voldoende om de geveldikte als minimale afstand aan te houden.

Overal waar het mogelijk is om binnen bovengenoemde afstand van een antenne te komen, dienen maatregelen genomen te worden om dit te verhinderen.

8.2 Beroepsmatig blootgesteld

Voor beroepsmatige blootstelling zijn bij een afstand van meer dan 10 cm tot de boven-, onder- en achterzijde van een antenne en tot de hoofdbundel geen bijzondere maatregelen nodig. Is de afstand kleiner of dient men zich dichtbij de antenne in de hoofdbundel te begeven, dan moeten veiligheidsmaatregelen genomen worden. Het werkdocument *Guidelines for defining working conditions related to exposure to non-ionising electromagnetic fields* van het European Technical Standardization Institute (ETSI00) geeft hiervoor een goede handreiking.

8.3 Klachten

8.3.1 Gezondheid

De commissie vindt dat te allen tijde bewoners in een zo vroeg mogelijk stadium, dat wil zeggen al tijdens de planningsfase, bij de bouw van een basisstation betrokken moeten worden. Goede voorlichting en informatieverstrekking kan gezondheidsklachten bij om-

wonenden voorkomen, omdat dergelijke klachten veelal het gevolg zullen zijn van angst voor het onbekende, te meer als daarbij ook nog straling een rol speelt. Treden er klachten op, dan dienen deze altijd serieus genomen te worden. Ook achteraf kan voorlichting veel problemen wegnemen.

Bij aanhoudende klachten zou onderzocht kunnen worden of mogelijk laagfrequent geluid of trillingen een rol spelen.

8.3.2 *Storingen*

Bij de huidige veldsterktes in woon- of verblijfruimtes in de nabijheid van basisstations is het vrijwel uitgesloten dat zich storingsproblemen met medische of andere elektrische of elektronische apparatuur voordoen als die apparatuur voldoet aan de Europese immuniteitsrichtlijnen. Mochten desondanks storingen optreden (en dat zal vrijwel uitsluitend het geval zijn bij niet-medische elektronische apparatuur), dan moeten deze uiteraard altijd zo snel mogelijk worden verholpen. De Regeling storingsklachten biedt daartoe een afdoende handvat (Stc99).

8.4 **Wet- en regelgeving**

Er is op dit moment in Nederland geen wettelijke mogelijkheid om plaatsing van antennes (en daarmee ook van basisstations) op grond van gezondheidsoverwegingen te reguleren. De commissie beveelt aan dat, in lijn met het Europese R&TTE-directief (*Radio and Telecommunications Terminal Equipment*) (Eur99) een dergelijke mogelijkheid tot stand wordt gebracht, bijvoorbeeld door wijziging van de Telecommunicatiewet of de Wet Milieubeheer.

8.5 **Controle en handhaving**

De commissie beveelt aan dat er op zo kort mogelijke termijn duidelijkheid komt over de toedeling van de verantwoordelijkheden liggen voor zowel controle van de inrichting van de basisstations als van de door de antennes uitgezonden veldsterktes en voor de handhaving van de betreffende regelgeving. Het ligt niet op haar weg hier verdere uitspraken over te doen, maar zij wijst er wel op dat storings- en andere problemen eenvoudiger opgelost en vaak zelfs voorkomen kunnen worden als het voor het publiek duidelijk is tot welke instantie zich met vragen kan wenden.

8.6 Centrale registratie technische gegevens

De commissie stelt in het licht van het in de vorige paragraaf genoemde voor om van alle basisstations de technische gegevens, een veldsterkteberekening en de uitkomsten van eventuele metingen centraal te registreren. De Duitse aanpak kan hierbij als voorbeeld dienen: in Duitsland is het wettelijk voorgeschreven dat elke antenne-installatie wordt aangemeld bij de autoriteiten en dat deze melding vergezeld gaat van een 'locatiecertificaat' (*Standortbescheinigung*) dat is afgegeven door de *Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation* en dat alle hierboven genoemde gegevens van de installatie bevat (BMPT97).

Den Haag, 29 juni 2000,
voor de commissie

dr E van Rongen,
secretaris

dr EW Roubos,
voorzitter

Literatuur

-
- Alt95 Altpeter ES, Krebs Th, 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).
- Ber97 Bergqvist U, Vogel E (red.). Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DG V. Arbete och Hälsa 1997; 19.
- BMPT97 Bundesministerium für Post und Telekommunikation. BMPT Amtsblattverfügung 306/1997. http://www.regtp.de/tech_reg_tele; geraadpleegd 22 mei 2000.
- Bor99 Borbely AA, Reto H, Graf T, e.a. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett* 1999; 275(3): 207-10.
- Bru98 Brusick D, Albertini R, McRee D, e.a. Genotoxicity of radiofrequency radiation. DNA/Genetox Expert Panel. *Environ Mol Mutagen* 1998; 32: 1-16.
- Com00 Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary principle. Brussels: Commission of the European Communities, 2000; (publicatie nr COM(2000) 1).
- D'An99 D'Andrea JA. Behavioral evaluation of microwave irradiation. *Bioelectromagnetics* 1999; Suppl(4): 64-74.
- Dol97a Dolk H, Elliott P, Shaddick G, e.a. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *Am J Epidemiol* 1997; 145(1): 10-7.
- Dol97b Dolk H, Shaddick G, Walls P, e.a. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter. *Am J Epidemiol* 1997; 145(1): 1-9.
- Elw99 Elwood JM. A critical review of epidemiologic studies of radiofrequency exposure and human cancers. *Environ Health Perspect* 1999; 107(suppl. 1): 155-68.
-

- ETSI00 European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Guidelines for defining working conditions related to exposure to non-ionising electromagnetic fields. 5th draft. Valbonne: European Telecommunications Standards Institute, 2000.
- Eur99 Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity. <http://europa.eu.int/comm/enterprise/rtte/dir99-5.htm>; geraadpleegd 18 mei 2000.
- Fre00 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.
- Gaz98 Regulation containing standards for establishing radio-frequency limits compatible with human health. Official Gazette of the Italian Republic, 3 november 1998; 139(257).
- GR00 Gezondheidsraad: Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/06.
- GR97 Gezondheidsraad: Commissie Radiofrequente elektromagnetische velden. Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr 1997/01.
- Hav99 Havenaar JM, van den Brink W, Savelkoul JTF. Psychologische gevolgen van giframpen. *Tijdschr Gezondheidswet* 1999; 77: 140-50.
- Hen00 Hensbroek R. Storing op medische apparatuur thuis door zaktelefoons e.d. - een praktijkonderzoek. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid, 2000; (publicatie nr PG/TG/00.050).
- Hoc96 Hocking B, Gordon IR, Grain HL, e.a. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Aust* 1996; 165(11-12): 601-5.
- Hoc99 Hocking B, Gordon I, Hatfield GE. Childhood leukaemia and TV towers revisited. *Aust N Z J Public Health* 1999; 23(1): 104-5.
- ICN98 International Commission on Non-ionising Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). *Health Phys* 1998; 74(4): 494-522.
- IEC89 International Electrotechnical Committee (IEC). International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161. Electromagnetic Compatibility. Geneva: International Electrotechnical Committee, 1989; (publicatie nr IEC 50(161)).
- IEC93 International Electrotechnical Committee (IEC). Medical electrical equipment - Part 1: general requirements for safety. 2. Collateral standard: Electromagnetic Compatibility Requirements and tests. First edition 1993-04. Geneva: International Electrotechnical Committee, 1993; (publicatie nr IEC 60601-1-2).
- IEEE92 IEEE standards board. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1992; (publicatie nr IEEE C95.1-1991).
- IEG00 Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile phones and health. Chilton: Independent Expert Group on Mobile Phones, 2000.
- Koi00 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): 413-5.
-

- Mat98 Matthes R, Bernhardt JH, Repacholi MH (red.). Proceedings of an International Seminar on Risk perception, risk communication and its application to EMF exposure. München: International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 1998.
- McK98 McKenzie DR, Yin Y, Morrell S. Childhood incidence of acute lymphoblastic leukaemia and exposure to broadcast radiation in Sydney—a second look. *Aust N Z J Public Health* 1998; 22(3 suppl): 360-7.
- McK99 McKenzie DR, Morrell S. Childhood leukaemia and TV towers: the debate continues. *Aust N Z J Public Health* 1999; 23(5): 553-5.
- NRPB93 National Radiological Protection Board (NRPB). Board statement on restrictions on human exposure to static and time varying electromagnetic fields and radiation. Chilton: National Radiological Protection Board, 1993. (Documents of the NRPB, Vol 4, Nr 5).
- Ouw99 Ouwens MA, Woltering AB. Veldsterktemetingen GSM 1800-steunpunt. Den Haag: TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium, 1999; (publicatie nr FEL-99-C072).
- Pey61 Peyton MF (red.). Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on the Biological Effects of Microwave Radiation, Volume 1. New York: Plenum Press, 1961.
- Pre99 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): 447-56.
- REG89 Raad van de Europese Gemeenschappen. Richtlijn van de Raad van 3 mei 1989 betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgeving der Lid-Staten inzake elektromagnetische compatibiliteit (89/336/EEG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen 1989; L139.
- REG90 Raad van de Europese Gemeenschappen. Richtlijn van de Raad van 20 juni 1990 betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgeving van de Lid-Staten inzake actieve implanteerbare medische hulpmiddelen (90/385/EEG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen 1990; L189.
- REG93 Raad van de Europese Gemeenschappen. Richtlijn 93/42/EEG van de Raad van 14 juni 1993 betreffende medische hulpmiddelen. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen 1993; L169.
- Ren97 Renn O. Mental health, stress and risk perception: insights from psychological research. In: Health impacts of large releases of radionuclides. Chichester: Wiley, 1997, 205-31. (Ciba Foundation Symposium 203).
- REU99 Raad van de Europese Unie. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz - 300 GHz. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen 1999; L199, 59-70.
- Ron98 van Rongen E. Discrepancies in guidelines for exposure limits around 300 GHz. *Health Phys* 1998; 75(4): 436-7.
- RSC99 Royal Society of Canada. A review of the potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. Ottawa: Royal Society of Canada, 1999.
- Sch99 Schweizerische Bundesrat. Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Schweizerischer Bundesrat, 1999.
- Stb89 Wet van 19 oktober 1998, houdende regels inzake de telecommunicatie (Telecommunicatiewet). Staatsblad 610, 1998.
- Stc99 Regeling storingsklachten. Staatscourant 3 juni 1999, 113.
-

-
- A De adviesaanvraag
 - B De commissie
 - C Voorbeeld van veldsterktes nabij een basisstation
 - D Sommering van veldsterktes van verschillende frequenties

Bijlagen

De adviesaanvraag

In september 1999 ontving de Voorzitter van de Gezondheidsraad het volgende verzoek van enkele bewindslieden (brief kenmerk DGM/SVS/99207094):

Geachte heer Sixma,

In januari 1997 heeft de Gezondheidsraad advies uitgebracht over de gezondheidseffecten van radiofrequente elektromagnetische velden van 300 Hz tot 300 GHz. In dit advies komt de Gezondheidsraad ondermeer tot de conclusie dat de beschikbare gegevens er niet op wijzen dat het gebruik van mobiele telefoons negatieve gevolgen voor de gezondheid heeft.

Sindsdien heeft de toepassing van de mobiele telefonie een enorme vlucht genomen en is er bij sommige delen van de bevolking onrust ontstaan over mogelijk nadelige gezondheidseffecten. Dit betreft zowel het gebruik van de mobiele telefoons als de antenne-installaties zoals deze thans vaak ook op woongebouwen worden geplaatst. Deze onrust wordt mede ingegeven door verschillende studies en rapportages hierover in de media, die zouden duiden op mogelijke nadelige gezondheidseffecten van elektromagnetisch velden door het gebruik van mobiele telefoontoestellen en de daarvoor gebruikte antenne-installaties.

Hierbij willen wij u mede namens de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat verzoeken om op afzienbare termijn een overzicht te geven van de voor de mobiele telefonie relevante wetenschappelijke literatuur die sinds uw advies uit 1997 is gepubliceerd en tot welke conclusies en aanbevelingen de GR op basis hiervan komt. Daarbij speelt met name de vraag in hoeverre niet-thermische effecten op grond van de huidige inzichten invloed kunnen hebben op de gezondheid en in hoeverre er vanuit wetenschap-

pelijk oogpunt aanleiding is om op basis van het voorzorgprincipe stringenter normen te hanteren dan op basis van de bekende thermische effecten.

Daarnaast zouden wij u in het licht van paragraaf VI van de Aanbeveling van de Raad van de EU betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden (zie bijlage), willen verzoeken om een overzicht te geven van de recente relevante wetenschappelijke literatuur, die sinds de publicatie van uw advies is gepubliceerd over de gezondheidseffecten van radiofrequente elektromagnetische velden in het algemeen. Daarbij verzoeken wij u ook aan te geven welke conclusies u uit dit onderzoek trekt en wat in de visie van de Gezondheidsraad de belangrijkste hiaten in onze huidige kennis zijn. Hierbij dienen mede betrokken te worden de onderzoeken die thans reeds in internationaal verband lopen. Ook in dit kader vernemen wij graag uw aanbevelingen.

De Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,
w.g. J.P. Pronk

De Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport,
w.g. dr. E. Borst-Eilers

De commissie

-
- dr EW Roubos, *voorzitter*
hoogleraar dierkunde, neurofysioloog; Katholieke Universiteit Nijmegen
 - dr LM van Aernsbergen, *adviseur*
fysicus; Ministerie van VROM, Den Haag
 - dr ir G Brussaard
hoogleraar radiocommunicatie; Technische Universiteit Eindhoven
 - dr J Havenaar
psychiater; Universitair Medisch Centrum, Utrecht
 - drs FBJ Koops
bioloog; KEMA, Arnhem
 - dr ir FE van Leeuwen
hoogleraar epidemiologie van kanker; Vrije Universiteit Amsterdam, epidemioloog;
Nederlands Kanker Instituut, Amsterdam
 - dr HK Leonhard, *adviseur*
fysicus; Ministerie van Verkeer en Waterstaat
 - dr GC van Rhooen
fysicus; AZR-Daniel, Rotterdam
 - dr GMH Swaen
epidemioloog; Universiteit Maastricht
 - DHJ van de Weerd, arts
medisch milieukundige; GGD Zwolle
-

- dr ir APM Zwamborn
hoogleraar elektromagnetische effecten; Technische Universiteit Eindhoven, fysicus;
TNO, Den Haag
- dr E van Rongen, *secretaris*
radiobioloog; Gezondheidsraad, Den Haag

Veldsterktes nabij een basisstation

TNO heeft op 5 maart 1999 veldsterktemetingen gedaan bij een DCS 1800-basisstation op het dak van het pand Van Oldebarneveldtlaan 9 in Den Haag (Ouw99). Op het dak zijn metingen verricht met een isotrope elektrische veldsensor die geschikt is voor gebruik in het frequentiegebied van 0,5 tot 6 GHz. In een kantoorruimte onder de antenne-installatie en op twee punten op straat zijn metingen gedaan met een spectrumanalysator, waarmee metingen verricht kunnen worden in een in te stellen frequentiegebied. Bij deze metingen was de meetbandbreedte 120 kHz en werd gemeten met frequentiestappen van 31,25 – 37,5 kHz.

De breedbandmetingen op het dak zijn gedaan op een hoogte van 1,90 m, op diverse afstanden voor de antennes, waarvan de onderzijde zich circa 3 m boven het dakoppervlak bevindt. De veldsterktes gemeten op 1 tot 3 m vóór de antennes liepen uiteen van 0,4 tot 1 V/m.

De metingen in de kantoorruimte en op straat zijn niet alleen verricht in het frequentiegebied rond 1800 MHz, maar ook, ter vergelijking, rond 900 MHz (de tweede GSM-frequentieband) en de FM-band van 80 tot 110 MHz. De veldsterktes in de onderzochte frequentiebandjes liepen sterk uiteen. Het rapport geeft getalwaarden voor de tien frequentiebandjes waarin de hoogste veldsterktes gevonden zijn. Met behulp van de sommeringsformules zoals gegeven in GR97 is voor elk van de frequentiegebieden afzonderlijk en voor de drie gebieden tezamen berekend met welk percentage van de blootstellingslimiet de totale veldsterkte overeenkomt. De sommeringsformules geven daarbij het percentage van de basisbeperking, in dit geval de SAR (bijlage D bevat nadere uitleg). Ter

vergelijking zijn ook de percentages van de limiet voor de elektrische veldsterkte berekend. De uitkomsten van deze berekeningen zijn vermeld in tabel 5.

Uit dit voorbeeld blijkt dat de blootstelling, zowel die als gevolg van het DCS 1800-basisstation, als die van bronnen in de beide andere frequentiegebieden afzonderlijk, en die van alle bronnen tezamen, ver onder de limieten ligt. Opvallend is, dat de blootstelling op straat op 75 m afstand van het gebouw waarop het basisstation staat, groter is dan de blootstelling in de kantoorruimte direct onder de antennes. Tevens blijkt dat op de drie meetlocaties de bijdrage van GSM 900 en DCS 1800 groter is dan die van de FM-band. Hierbij zij er op gewezen dat de FM-band slechts één van de vele radiofrequente banden is die een bijdrage leveren aan de totale blootstelling. In Finland zijn in verstedelijkte gebieden de bijdragen van GSM 900 en DCS 1800 aan de totale blootstelling groter dan die van RTV-zenders, te weten circa 61% en 13% respectievelijk. In buitengebieden is de bijdrage ongeveer gelijk en zijn de percentages circa 39% en 40% (M. Hietanen, persoonlijke mededeling, november 1999).

Tabel 5 Berekeningen van de totale blootstelling bij blootstelling aan meerdere frequenties.

	percentage van de Gezondheidsraad SAR limiet voor de algemene bevolking			
	FM	900 MHz	1800 MHz	totaal
kantoor	$1,12 \times 10^{-8}$	$1,11 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$
straat, 75 m	$8,43 \times 10^{-7}$	$1,71 \times 10^{-6}$	$4,74 \times 10^{-4}$	$4,76 \times 10^{-4}$
straat, 360 m	$1,31 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-5}$	$2,22 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-5}$

	percentage van de Gezondheidsraad E-veld limiet voor de algemene bevolking			
	FM	900 MHz	1800 MHz	totaal
kantoor	0,03	0,08	0,19	0,29
straat, 75 m	0,02	0,04	0,26	0,31
straat, 360 m	0,03	0,09	0,08	0,2

Sommering van veldsterktes van verschillende frequenties

De door sommigen ervaren onduidelijkheden bij de berekening van het totale blootstellingsniveau bij blootstelling aan meerdere frequenties tegelijkertijd in het frequentiegebied > 100 kHz is terug te voeren op het enigszins door elkaar hanteren van limieten voor basisbeperkingen en voor afgeleide waarden, zowel door de Gezondheidsraad als door de ICNIRP. Waar het uiteindelijk om gaat, is een toetsing aan de basisbeperkingen.

In het betreffende frequentiegebied wordt uitgegaan van een maximale SAR voor frequenties tot 10 GHz en een maximale vermogensdichtheid tussen 10 en 300 GHz. Van deze basisbeperkingen zijn maxima afgeleid voor de sterkte van het ongestoorde elektrische en magnetische veld. Deze laatste grootheden zijn, in tegenstelling tot de SAR, relatief eenvoudig te meten.

De mathematische relatie tussen de SAR en de veldsterkte is niet lineair, maar kwadratisch:

$$SAR = \frac{\mathbf{s}}{\mathbf{r}} E^2$$

(\mathbf{s} = elektrische geleidbaarheid van het weefsel; \mathbf{r} = wefseldichtheid; E = effectieve elektrische veldsterkte).

Ook de relatie tussen de vermogensdichtheid S en de veldsterkte is kwadratisch:

$$S = E^2 / 377$$

Hierdoor is het niet mogelijk absolute veldsterktes te sommeren, maar kunnen alleen relatieve waardes opgeteld worden. Omdat de uiteindelijke grootte waar het om gaat de basisbeperking is, in dit geval de SAR resp. vermogensdichtheid, moeten die relatieve veldsterktewaardes eerst worden gekwadrateerd alvorens te kunnen worden opgeteld. Wat dan resulteert is een sommatie van relatieve SAR's resp. vermogensdichtheden. Die zal, door de kwadratering, altijd lager zijn dan wanneer de relatieve veldsterktes worden opgeteld. Dit kan een gevoel van tegenstrijdigheid opleveren. Waar het om gaat is dat dus niet de veldsterktes, maar alleen de SAR's resp. vermogensdichtheden kunnen worden gesommeerd. De procedure zoals bijvoorbeeld voorgesteld in de Zwitserse regelgeving (Sch99), om de wortel uit de gesommeerde kwadratische veldsterktes te nemen is dus niet juist (want er wordt niet getoetst aan de basisbeperking, maar weer teruggerekend naar de afgeleide waarde). Dit geeft een te hoge waarde voor de relatieve totale blootstelling, maar maakt uiteindelijk voor het bepalen of de totale blootstelling de limiet overschrijdt, niets uit, omdat zowel de lineaire als de kwadratische sommaties bij 1 bij elkaar komen.

Ingevolge het voorgaande zou het dus ook correcter zijn om, als gekeken wordt hoe ver bij een bepaalde frequentie de blootstelling onder de limiet blijft, dit niet uit te drukken in de relatieve veldsterkte, maar in de relatieve SAR resp. vermogensdichtheid. Wanneer bijvoorbeeld bij 900 MHz, met een limiet van 49 V/m, de gemeten veldsterkte 2 V/m is, kan gesteld worden dat die gemeten waarde 4,1 % van de limiet is (d.w.z. van de veldsterkte), maar dat de blootstelling slechts 0,2 % van limiet is (d.w.z. van de SAR). Anderzijds is dan ook bij overschrijding van de limiet het percentage overschrijding voor de SAR hoger dan voor de veldsterkte (bijvoorbeeld: een overschrijding van de veldsterkte met een factor 2 – dus 200 % – komt overeen met een overschrijding van de SAR met een factor 4 – dus 400 %).