Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2006

Electromagnetic Fields: Annual Update 2006

Gezondheidsraad
Health Council of the Netherlands

Aan de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Mileubeheer

Onderwerp : Aanbieding *Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2006*
Uw kenmerk : -
Ons kenmerk : U-074/EvR/sl/673-A23
Bijlagen : 1
Datum : 15 februari 2007

Mijnheer de staatssecretaris,

De Commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad heeft onder meer tot taak regelmatig 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 wordt getoetst door de Beraadsgroep Stralingshygiëne van de Gezondheidsraad. Ik bied u hierbij de vierde publicatie in deze reeks aan. Tevens heb ik dit advies vandaag aangeboden aan de minister van Economische zaken, de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

In het Jaarbericht 2006 geeft de commissie een overzicht van de stand van wetenschappelijke kennis over effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden van twee belangrijke systemen voor mobiele communicatie: UMTS en DECT. Het hoofdstuk over UMTS bevat daarbij een uitvoerige analyse van het Zwitserse onderzoek dat is uitgevoerd in vervolg op een TNO-onderzoek uit 2003. De conclusie is, dat er op basis van de huidige stand van wetenschap voor beide systemen geen aanwijzingen zijn voor nadelige gezondheidseffecten.

Hoogachtend,

Prof. dr. M. de Visser,
Vice-voorzitter

Bezoekadres
rnassusplein 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 2006

aan:

de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Economische Zaken

de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Nr. 2007/06, Den Haag, 15 februari 2007

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' (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport; Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer; Sociale Zaken & Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. De raad kan ook eigener beweging adviezen uitbrengen. Het gaat dan als regel om het signaleren van ontwikkelingen of trends die van belang kunnen zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden in bijna alle gevallen opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

De Gezondheidsraad is lid van het International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA). INAHTA bevordert de uitwisseling en samenwerking tussen de leden van het netwerk.

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

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2006. Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatienr. 2007/06.

auteursrecht voorbehouden

ISSN: 1871-3785

Inhoud

1 Inleiding *9*
1.1 Achtergrond *9*
1.2 Functie van het Jaarbericht *9*
1.3 Opzet van dit Jaarbericht *10*

2 Nieuwe onderzoeksaanbevelingen *11*

3 Onderzoek naar mogelijke effecten van UMTS *13*
3.1 Technische informatie *13*
3.2 Vergelijking van het Nederlandse en Zwitserse onderzoek *14*
3.3 Beoordeling van de resultaten uit het Zwitserse onderzoek *21*
3.4 Beoordeling van de resultaten van ander onderzoek *28*
3.5 Conclusies *30*

4 Onderzoek naar mogelijke effecten van DECT *33*
4.1 Technische informatie *33*
4.2 Metingen en berekeningen van de veldsterkte *35*
4.3 Demping *37*
4.4 Bepaling van het opgenomen vermogen *38*
4.5 Resultaten van onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten *38*
4.6 Conclusies *42*

Literatuur *45*

Bijlage *49*
A De commissie *51*

Electromagnetic Fields: Annual Update 2006 *53*

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Achtergrond

De laatste jaren is de publieke bezorgdheid over mogelijk schadelijke effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden sterk toegenomen. Dit hangt onder meer samen met de sterke groei van de mobiele telefonie. De Gezondheidsraad wordt dan ook veelvuldig geconfronteerd met vragen over dit onderwerp, zowel vanuit de bevolking als van de kant van regering en parlement. De voorzitter van de raad heeft daarom op 6 maart 2000 de Commissie Elektromagnetische velden geïnstalleerd. De commissie werd eerst voor vier jaar benoemd, daarna is het mandaat telkens met twee jaar verlengd. De huidige benoeming loopt tot eind 2007.

Taak van de commissie is om regelmatig te rapporteren over de wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van elektromagnetische velden, zoals in dit Jaarbericht 2006 gebeurt. Verder worden adviesaanvragen van bewindslieden in behandeling genomen. Wanneer 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

Dit Jaarbericht belicht twee onderwerpen: UMTS en DECT. Het is de vierde keer dat de commissie in deze vorm rapporteert over belangrijke wetenschappelijke

ontwikkelingen. Eerdere Jaarberichten verschenen in mei 2001[12], januari 2004[14] en november 2005.[16]

De commissie geeft steeds beknopt aan welke adviezen zij in de verslagperiode heeft uitgebracht en gaat in op onderwerpen die in die periode in de wetenschappelijke pers en de publieksmedia aandacht hebben gekregen. Dat kunnen onderwerpen zijn die in een eerder advies al aan de orde zijn geweest, maar waarop recente publicaties een nieuw licht werpen. Ook kan het gaan om onderwerpen waarover de commissie een advies voorbereidt en waarover, gelet op berichten in de media, een voorlopige standpuntbepaling wenselijk is.

1.3 Opzet van dit Jaarbericht

In dit Jaarbericht wordt in hoofdstuk 2 eerst kort het advies met voorstellen voor onderzoek besproken dat de commissie in mei 2006 heeft uitgebracht. In hoofdstuk 3 bespreekt de commissie de wetenschappelijke kennis over mogelijke effecten van blootstelling aan UMTS-signalen. Hoofdstuk 4 is gewijd aan een bespreking van dergelijke kennis over DECT.

Hoofdstuk 2

Nieuwe onderzoeksaanbevelingen

Mede op aanraden van de Gezondheidsraad heeft op verzoek van de regering ZonMw in 2006 een Nederlands onderzoeksprogramma Elektromagnetische Velden en Gezondheid opgezet. De staatssecretaris van VROM vroeg de Gezondheidsraad om aan te geven welke onderwerpen daarin aan bod kunnen komen, mede in het licht van de onderzoeksinspanningen in andere landen.

Op 30 mei 2006 heeft de commissie daarover een advies uitgebracht.[17] Hierin doet zij voorstellen voor onderzoek op het gebied van de epidemiologie, sociaal-wetenschappelijk onderzoek, experimenteel onderzoek met mensen, dierexperimenteel onderzoek, onderzoek met gekweekte cellen en activiteiten op het gebied van karakterisering van blootstelling, op micro- en op macroniveau.

Daarbij is rekening gehouden met de in ons land aanwezige expertise en met de onderzoeksaanbevelingen van de Wereldgezondheidsorganisatie WHO.

Het advies van de commissie is voor ZonMw de leidraad geweest voor het opstellen van het onderzoeksprogramma Elektromagnetische Velden en Gezondheid.[53]

Hoofdstuk 3

Onderzoek naar mogelijke effecten van UMTS

Wat is bekend over de mogelijke invloed van blootstelling aan UMTS-signalen op de gezondheid? In dit hoofdstuk bespreekt de commissie een Zwitsers vervolgonderzoek naar de mogelijke invloed van zulke signalen. Dit onderzoek werd uitgevoerd nadat een onderzoek door TNO in Nederland in 2003 een effect op het welbevinden leek aan te tonen. Hieronder worden de beide onderzoeken met elkaar vergeleken, en worden de resultaten tegen elkaar afgezet en beoordeeld op hun zeggingskracht. Ook komen de resultaten uit ander onderzoek aan bod. Het hoofdstuk begint echter met wat korte achtergrondinformatie over UMTS.

3.1 Technische informatie

Er zijn verschillende typen systemen om draadloos informatie over te brengen. GSM- en DECT-systemen werken met een niet-continu signaal (zie respectievelijk het advies *Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse*[13] en hoofdstuk 4 van dit Jaarbericht). De informatie van verschillende gebruikers wordt daarbij in elkaar opvolgende “tijdsloten” overgebracht. Dit worden TDMA-systemen genoemd, waarbij TDMA staat voor *Time Division Multiple Access*.

UMTS daarentegen werkt volgens het CDMA-systeem; CDMA is dan de afkorting van *Code Division Multiple Access*. In dat geval wordt de informatie van verschillende gebruikers tegelijkertijd overgebracht en wordt de informatie voor elke gebruiker op een unieke manier gecodeerd. UMTS-signalen hebben

dus niet de karakteristieke laagfrequente pulsfrequenties die bij GSM en DECT worden veroorzaakt door de tijdsloten. Wel kunnen er laagfrequentie variaties in de signaalsterkte optreden doordat de signaalsterkte die nodig is voor een optimale verbinding continu wordt aangepast.[39] Met de beschikbare frequentiebandbreedte en capaciteit van het netwerk kan met UMTS veel meer en sneller informatie worden overgebracht dan met GSM.

3.2 Vergelijking van het Nederlandse en Zwitserse onderzoek

3.2.1 Voorgeschiedenis

Het TNO-onderzoek

In september 2003 publiceerde TNO de resultaten van een onderzoek naar de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van GSM- en UMTS-antennes op cognitieve functies en welbevinden bij mensen.[55] De onderzoekers vonden een statistisch significante relatie tussen blootstelling aan een UMTS-basisstationsignaal en een lagere score op een maat voor welbevinden. Daarnaast werden er veranderingen gemeten bij diverse cognitieve prestaties, zowel bij blootstelling aan GSM-signalen als bij blootstelling aan een UMTS-signaal. Een eenduidig beeld kwam hier echter niet uit.

Maatschappelijke ongerustheid

Met name de bevindingen over de invloed van blootstelling aan een UMTS-signaal op het welbevinden hebben zowel in Nederland als in vele andere landen de aandacht getrokken en geleid tot een groeiende ongerustheid over mogelijke gezondheidseffecten van wonen in de buurt van een UMTS-antenne.

Verbeterde analyse in Gezondheidsraadadvies

In juni 2004 bracht de Gezondheidsraad een advies uit over het TNO-onderzoek.[15] Daarin werd een verbeterde analyse van de gegevens opgenomen die de TNO-onderzoekers op verzoek van de raad hadden uitgevoerd.

Die analyse leverde een herziening van een van de uitkomsten op. Effecten op cognitieve functies waren nu nog slechts zichtbaar bij één combinatie van onderzoeksgroep, blootstellingstype en cognitieve test. Alleen daar kon een significant verschil vastgesteld worden tussen echte en schijnblootstelling.

De conclusies over de effecten op het welbevinden bleven ook na de herziene analyse gelijk. In beide onderzochte groepen – een groep mensen die diverse aspecifieke gezondheidsklachten had en die toeschreef aan wonen bij GSM-antennes en een groep mensen zonder deze klachten – werd een statistisch significant verschil gevonden tussen de metingen bij UMTS-blootstelling en schijnblootstelling, wat duidde op een vermindering van het welbevinden bij UMTS-blootstelling.

Wel concludeerde de Gezondheidsraad dat het instrument dat was gebruikt om het welbevinden te kwantificeren, een bepaalde vragenlijst, daarvoor mogelijk niet het meest geschikt was. Die vragenlijst was namelijk afkomstig uit een onderzoek naar effecten op het welbevinden die op de lange termijn optreden bij het gebruik van bepaalde middelen tegen hoge bloeddruk. De lijst was niet getest als meetinstrument voor de door TNO onderzochte kortetermijneffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden.

De raad adviseerde om het TNO-onderzoek door andere onderzoeksgroepen te laten herhalen om te bezien of de resultaten reproduceerbaar zijn. Daarbij zouden dan wel de zwakke punten uit het TNO-onderzoek verbeterd moeten worden. Met name vond de raad het van belang om een voor dit soort onderzoek gevalideerde vragenlijst te gebruiken om het welbevinden te bepalen.

Vervolgonderzoeken

In diverse landen – Zwitserland, Denemarken, Japan en Engeland – zijn inmiddels onderzoeken gestart die geheel of gedeeltelijk als replicatie van het TNO-onderzoek beschouwd kunnen worden. Het Zwitserse onderzoek is inmiddels afgerond en gepubliceerd.[43] Hieronder geeft de commissie een korte beschrijving en beoordeling van dit Zwitserse onderzoek en een vergelijking met het TNO-onderzoek, en een oordeel over de stand van kennis over UMTS en gezondheid op dit moment.

3.2.2 Verschillen en overeenkomsten

In grote lijnen was de opzet van het Zwitserse onderzoek gelijk aan die van het TNO-onderzoek: in een laboratorium zijn, onder goed gecontroleerde omstandigheden, proefpersonen blootgesteld aan elektromagnetische velden zoals die in de woonomgeving voor kunnen komen. Daarbij is onderzocht of die blootstelling invloed had op het welbevinden en op het cognitief functioneren.

Net als het TNO-onderzoek richtte het Zwitserse onderzoek zich uitsluitend op effecten die op korte termijn optreden, dat wil zeggen tijdens of direct na de

blootstelling. Het onderzoek was dubbelblind opgezet, dat wil zeggen dat tijdens het uitvoeren van het onderzoek noch de proefpersonen noch de onderzoekers wisten wie waaraan werd blootgesteld.

Op diverse detailpunten week de opzet echter af van die van het TNO-onderzoek onder meer omdat rekening werd gehouden met de aanbevelingen van de Gezondheidsraad voor een verbeterde opzet. Hieronder worden de verschillen en overeenkomsten op diverse punten langsgelopen.

Proefpersonen

In beide onderzoeken zijn twee groepen proefpersonen onderzocht.

In het TNO-onderzoek bestond de ene groep uit mensen met gezondheidsklachten die zij zelf toeschreven aan blootstelling aan elektromagnetische velden, terwijl de tweede groep bestond uit mensen die dit soort klachten niet hadden.

In het Zwitserse onderzoek bestond de ene groep uit mensen die zichzelf als gevoelig voor elektromagnetische velden beschouwden, ofwel omdat zij die velden meenden te kunnen waarnemen, ofwel omdat zij gezondheidsklachten hadden die ze aan blootstelling aan die velden toeschreven; de tweede groep bestond uit mensen die zichzelf niet als “elektrogevoelig” beschouwden.

Aantal proefpersonen

In het Zwitserse onderzoek werd gewerkt met een groter aantal proefpersonen. Een punt van zorg bij het TNO-onderzoek was namelijk het aantal onderzochte mensen. Er was weliswaar een berekening gemaakt van het minimaal benodigde aantal om een verschil in uitkomst te kunnen waarnemen, maar om de statistische zeggingskracht te vergroten was het gewenst om in vervolgonderzoek meer proefpersonen op te nemen. In het TNO-onderzoek bestonden de beide groepen (mensen met en zonder klachten) per blootstellingscategorie (GSM of UMTS) uit 24 personen. In het Zwitserse onderzoek bestond de groep “gevoeligen” uit 33 personen en de groep “niet-gevoeligen” uit 84 personen.

In- en uitsluitingscriteria

Een ander verschil tussen beide onderzoeken waren de in- en uitsluitingscriteria. In het TNO-onderzoek werden mensen opgenomen met leeftijden tussen 18 en 75 jaar, bij het Zwitserse onderzoek tussen 20 en 60 jaar. Van het TNO-onderzoek werden mensen uitgesloten die hersenletsel hadden gehad, leden aan epilep-

sie of claustrofobie, die in de zes maanden voorafgaand aan het onderzoek onder behandeling waren geweest voor psychische problemen of die in de twee weken voor het onderzoek psychoactieve middelen hadden gebruikt, en verder mensen met een pacemaker of een gehoorapparaat.

Van het Zwitserse onderzoek werden op grond van een uitgebreid telefonisch interview uitgesloten degenen die in het verleden verwondingen aan het hoofd hadden gehad of een neurologische of psychiatrische ziekte, regelmatige gebruikers van narcotica of psychoactieve middelen in de zes maanden voor het onderzoek, mensen met een pacemaker, een gehoorapparaat, of een gehoorimplantaat, maar ook rokers, mensen met meerdere gezondheidsklachten als gevolg van chronische ziekte, zwangeren, mensen met slaapstoornissen, mensen met een gemiddelde alcoholconsumptie van meer dan 10 drankjes per week, of een inname van cafeïnehoudende dranken resulterend in meer dan 450 mg cafeïne per dag (dat is ongeveer drie koppen koffie). Eveneens uitgesloten werden mensen die in ploegendienst werkten en mensen die binnen een maand voor het experiment een langeafstandsvlucht (over meer dan drie tijdzones) hadden gemaakt.

De samenstelling van de groepen in het Zwitserse onderzoek was daardoor homogener dan in het TNO-onderzoek. In het Zwitserse onderzoek zijn de twee groepen ook onderling vergelijkbaar wat betreft geslachtsverhouding en leeftijdsopbouw.

Blootstelling

In het TNO-onderzoek werd iedere proefpersoon blootgesteld aan twee van drie verschillende signaaltypen: GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz en 2100 MHz UMTS, waarbij elke combinatie van tweetallen even vaak voorkwam. Omdat elk van beide groepen bestond uit 36 personen, is elk signaaltype aan 24 proefpersonen aangeboden. Elke proefpersoon onderging daarnaast ook een schijnblootstelling (“placebo”). De effectieve veldsterkte waaraan de proefpersonen waren blootgesteld was 0,7 V/m voor de beide GSM-signalen en 1 V/m voor UMTS.

In het Zwitserse onderzoek is naast schijnblootstelling alleen blootstelling aan een UMTS-signaal toegepast, maar wel in twee verschillende sterktes: 1 V/m en 10 V/m. De vorm van het signaal was gelijk aan die van het door TNO gebruikte UMTS-signaal. Alle proefpersonen zijn aan de drie blootstellingen onderworpen.

Tijdsintervallen

Bij het TNO-onderzoek vonden alle activiteiten per persoon gedurende één dagdeel plaats. De blootstellingssessies duurden zo lang als nodig was om de cognitieve functietests te voltooien, circa 20-25 minuten. Het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende sessies was ook circa 20-25 minuten, zodat elke sessie steeds 45 minuten na het begin van de vorige van start ging.

De Zwitserse onderzoekers waren van mening dat er met dergelijke relatief korte intervallen tussen opeenvolgende sessies een gerede kans was op *carry-over* effecten, dat wil zeggen dat bij het begin van een sessie de effecten die tijdens de voorafgaande sessie zijn veroorzaakt, nog niet geheel verdwenen zijn en dus van invloed zijn op de metingen. In het Zwitserse onderzoek vonden de blootstellingen daarom plaats met een interval van een week. Voor iedere proefpersoon werd bovendien ongeveer hetzelfde tijdstip van de dag aangehouden. Elke blootstellingssessie duurde 45 minuten.

Vragenlijsten

In het TNO-onderzoek is gebruik gemaakt van een vragenlijst die een verkorte en aangepaste versie was van een vragenlijst die was ontwikkeld voor een onderzoek naar middelen tegen hoge bloeddruk, waarbij effecten over langere periodes (maanden) gemeten werden.[3] De validiteit van de TNO-vragenlijst voor onderzoek naar kortetermijneffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden is niet geverifieerd. De commissie is daar in haar evaluatie van het TNO-onderzoek uitgebreid op ingegaan.[15]

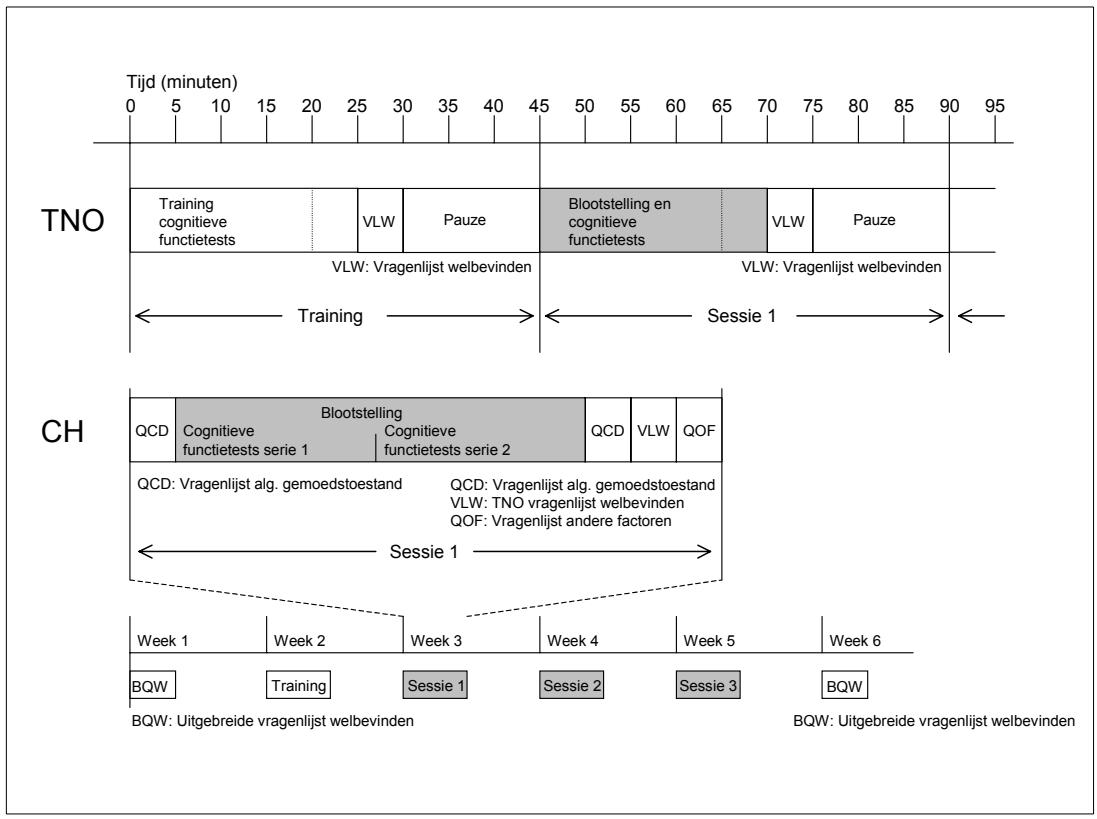
Ook in het Zwitserse onderzoek is de TNO-vragenlijst gebruikt, om een vergelijking met het TNO-onderzoek mogelijk te maken. Daarnaast zijn enkele andere vragenlijsten gebruikt. Als meetinstrument is een korte vragenlijst over de actuele gemoedstoestand gebruikt. Deze bestond uit zes items met twee keuzes: gespannen–kalm, ongerust–gerust, bezorgd–onbezorgd, opgewonden–ontspannen, sceptisch–vertrouwend, niet op het gemak–wel op het gemak.[38] Deze vragenlijst is gevalideerd om veranderingen in het welbevinden te meten die zich op korte termijn voordoen. Hij is toegepast voor en na elke blootstellingssessie, zodat veranderingen die zich tijdens de sessie voordeden gemeten konden worden.

Een andere vragenlijst was speciaal voor dit onderzoek opgesteld om factoren te inventariseren die mogelijk van invloed zijn op het welbevinden: lengte en kwaliteit van de slaap in de voorafgaande nacht, verkoudheid, hoeveelheid geconsumeerde alcohol en cafeïne en medicatie ingenomen op de dag van de sessie, (pre)menstruele klachten en stressvolle gebeurtenissen. Met deze factoren is

vervolgens in de analyse van de gegevens rekening gehouden. Ook werd de deelnemers gevraagd aan te geven aan welke veldsterkte zij dachten blootgesteld te zijn geweest; dit konden zij markeren op een schaal die liep van 0 (niet blootgesteld) tot 100 (zeer sterk blootgesteld). Deze vragenlijst en de TNO-vragenlijst werden na elke sessie ingevuld.

Verder vulden de deelnemers één week voor de eerste (trainings)sessie en één week na de laatste blootstellingssessie een uitgebreide vragenlijst over welbevinden in.[18] Deze lijst is ontwikkeld en gevalideerd om veranderingen over een langere periode te meten. In dit onderzoek werd hij gebruikt om vast te stellen of deelname aan het onderzoek op zich van invloed was op het welbevinden.

In figuur 1 is voor beide onderzoeken de tijdsvolgorde van de verschillende onderdelen weergegeven.



Figuur 1 Tijdsvolgorde van de verschillende onderdelen van het TNO-onderzoek en van het Zwitserse onderzoek. De bovenste twee balken zijn op dezelfde (minuten)schaal, de onderste balk is een wekenschaal. Bij het TNO-onderzoek zijn alle sessies achter elkaar binnen één dagdeel uitgevoerd. Blootstellingsperiodes zijn grijs aangegeven.

Testen van cognitieve functies

In het TNO-onderzoek zijn cognitieve functies getest door middel van de door TNO ontwikkelde Taskomat testbatterij. Deze bestaat uit vijf verschillende computergestuurde geheugen- en reactietests (reactietijd, geheugen vergelijking, visueel selectieve aandacht, dubbele taak en filteren van irrelevante informatie).[2] In elke blootstellingssessie werd de serie tests eenmaal afgenomen.

In het Zwitserse onderzoek is hiervan alleen de visueel selectieve aandacht test gebruikt. Daarnaast zijn twee reactietests gebruikt: een enkelvoudige reactietijd test en een twee keuzes reactietijd test [28,40,41], en een geheugentest: de N-terug test.[27] In elke blootstellingssessie werd de serie tests tweemaal afgenomen.

Statistische analyse

In het TNO-onderzoek zijn de gegevens geanalyseerd met een ANOVA (*ANalysis Of VAriance*) procedure*. Hierin zijn als variabelen opgenomen: blootstelling (schijn, GSM900, GSM1800 of UMTS), groep (met klachten of zonder klachten), sessie (eerste, tweede of derde), volgorde (er waren 18 verschillende volgordes mogelijk), plaats proefpersoon in volgorde (36 personen in de groep met klachten, 36 personen in de groep zonder klachten), dagdeel (ochtend of middag). Omdat er bij een ANOVA van wordt uitgegaan dat de residuen normaal verdeeld zijn terwijl dit niet altijd het geval was, zijn, waar nodig, ook verdelingsvrije analyses uitgevoerd met de Wilcoxon (Mann-Whitney U-toets), de rangtekentoets of de mediaantoets (Cochran Mantel Haenszeltoets).

In het Zwitserse onderzoek is de statistische analyse voor elk van beide groepen apart uitgevoerd door middel van *linear mixed* modellen. Deze modellen hebben de voorkeur boven een ANOVA, omdat ze rekening houden met de intrinsieke correlatie van herhaalde waarnemingen bij dezelfde proefpersoon. Als variabelen zijn daarbij opgenomen: blootstelling (schijn, 1 V/m of 10 V/m) en tijd (week 1, 2 of 3). Bij de analyse van de cognitieve functies is daarnaast ook nog de testserie per blootstellingssessie (serie 1 of 2) als variabele opgenomen. Verder is de betrouwbaarheid van de modellen getest door te corrigeren voor mogelijk verstorende factoren (leeftijd, geslacht, lichaamsgewicht, inname van

* Een ANOVA is een statistische procedure waarbij onderzocht wordt of er verschillen zijn tussen de gemiddelden van de betreffende waarden voor de onderzochte groepen. Dat gebeurt door na te gaan of de variatie tussen de groepen vergelijkbaar is met de variatie binnen de groepen. Voor elke individu geldt dat de individuele waarde van de betreffende parameter beschreven kan worden als de som van de gemiddelde waarde voor de groep, de variatie binnen de groep en een individuele bijdrage (“residu”). Om een ANOVA te kunnen uitvoeren moeten de residuen een normale verdeling volgen.

cafeïne, medicatie, (pre)menstruele klachten, slaapkwaliteit en verkoudheid). Bij de analyse van de testresultaten voor reactiesnelheid zijn sterk afwijkende resultaten op puur statistische gronden niet meegenomen (groter of kleiner dan 4 keer de mediane afwijking). In het TNO-onderzoek is dit niet gebeurd en zijn alle resultaten in de analyse meegenomen. Bij een aantal cognitieve functietests in het Zwitserse onderzoek bleken de residuen niet normaal verdeeld te zijn; in die gevallen is een verdelingsvrije toets uitgevoerd (de Wilcoxon rangtekentoets). Bij de analyse van de cognitieve functie tests is gecorrigeerd voor meervoudige vergelijkingen.[50]

De relatie tussen de ervaren sterkte van het elektromagnetisch veld en de daadwerkelijke sterkte is getest met de Spearman rangcorrelatietoets. Het aantal positieve en negatieve correlaties is getest met een tekentoets. Dezelfde procedures zijn uitgevoerd om de associatie tussen de ervaren veldsterkte en het welbevinden te onderzoeken.

3.3 Beoordeling van de resultaten uit het Zwitserse onderzoek

3.3.1 Welbevinden

De uitkomsten van de scores van de vragenlijsten (de vragenlijst over de actuele gemoedstoestand en de TNO-vragenlijst) laten geen verschillen zien tussen schijnblootstelling en blootstelling aan 1 V/m of 10 V/m. Dat geldt voor de absolute scores gemeten na afloop van elke blootstellingssessie en voor het verschil in scores zoals die gemeten zijn voor en na elke sessie met de vragenlijst over de actuele gemoedstoestand.

De score voor de ervaren veldsterkte laat ook geen verschillen zien tussen de drie modaliteiten: er is dus geen verband tussen de daadwerkelijke en de ervaren blootstelling. Wel is er, onafhankelijk van de daadwerkelijke blootstelling, een verband tussen de ervaren blootstelling en het welbevinden: hoe hoger de ervaren blootstelling, des te sterker de vermindering van het welbevinden. Dat kan op twee manieren worden verklaard: als de proefpersonen dachten blootgesteld te worden had dat een negatieve invloed op hun welbevinden, of als zij zich minder prettig voelden konden zij daardoor gaan denken dat zij dan wel blootgesteld moesten zijn geweest. Dit verband tussen ervaren blootstelling en welbevinden is in beide groepen gevonden. Daarvoor maakt het dus niet uit of mensen zichzelf al of niet als “elektrogevoelig” beschouwden.

Onafhankelijk van de blootstelling waren de scores van de vragenlijsten hoger (wat duidt op minder welbevinden) in de “gevoelige” groep dan in de “niet-gevoelige” groep. Dat is op zich logisch omdat een deel van de “gevoeli-

gen" al klachten had, maar daarmee is uiteraard nog niet gezegd dat die klachten door blootstelling aan elektromagnetische velden werden veroorzaakt. Ook in het TNO-onderzoek was, onafhankelijk van de blootstelling, de score van de vragenlijst bij de groep met klachten hoger dan die bij de controlegroep.

De analyse van de vragenlijsten waarmee de invloed van deelname aan het onderzoek op zich op het welbevinden is onderzocht leverde bij de "gevoelige" groep geen verschillen op voor de scores voor gezondheid en tevredenheid. Bij de groep "niet-gevoeligen" was de score voor gezondheid na het onderzoek significant lager dan ervoor (wat duidt op een betere gezondheid), maar de score voor tevredenheid was onveranderd.

De conclusie hieruit is dat in geen van beide groepen deelname aan het onderzoek op zich een negatieve invloed had op het welbevinden.

3.3.2 Cognitieve functies

Aanvankelijke resultaten

a. Snelheid

In geen van beide groepen is een effect van blootstelling gevonden op de reactiesnelheid in de enkelvoudige reactietijdtest, de N-terugtest en de visueel-selectieve-aandachttest. In de groep "gevoeligen" was bij de schijnblootstelling en blootstelling aan 1 V/m de snelheid in de twee-keuzes-reactietijdtest in de tweede serie tests lager dan in de eerste serie (per blootstellingssessie werden twee series tests aangeboden), maar dit was niet het geval bij 10 V/m. In de "niet-gevoelige" groep verminderde de reactiesnelheid binnen elk van de drie blootstellingsmodaliteiten. De conclusie hieruit is, dat blootstelling geen invloed had op de twee-keuzes-reactietijdtest.

b. Nauwkeurigheid

Bij geen van beide groepen is er een invloed van de blootstellingsmodaliteit gevonden op de nauwkeurigheid van de uitvoering van de tests. Alleen bij de "niet-gevoeligen" was de nauwkeurigheid in de 1-terugtest bij 1 V/m minder dan bij schijnblootstelling en bij 10 V/m weer minder dan bij 1 V/m.

Resultaten na correctie

Correctie voor verstorende factoren resulteerde niet in verandering van de resultaten.

Dat was anders bij een correctie voor het gebruik van meerdere variabelen. Evenals in het TNO-onderzoek zijn in het Zwitserse onderzoek naar cognitieve functies meerdere variabelen gebruikt bij zowel de blootstelling (drie verschillende veldsterktes) als bij de gemeten effecten (verschillende cognitieve functies). Er zijn dus in feite meerdere vraagstellingen onderzocht. Bij de statistische analyse van de gegevens dient hiervoor te worden gecorrigeerd, om te voorkomen dat statistisch significante resultaten worden gevonden op grond van toeval.*

Nadat deze correctie voor meervoudige vergelijkingen was toegepast (rekening houdend met een correlatiefactor van 0,39) bleken alle hierboven genoemde verschillen bij de cognitieve functietests niet meer significant te zijn.

3.3.3 Oordeel over de zeggingskracht

Proefpersonen

Het Zwitserse onderzoek is over het algemeen goed opgezet en uitgevoerd. De meeste aanbevelingen van de Gezondheidsraad voor verbetering zijn ter harte genomen.[42]

Het aantal proefpersonen is groter dan bij het TNO-onderzoek, en dit vergroot de statistische zeggingskracht. Anderzijds is de samenstelling van de groep "gevoeligen" anders dan in het TNO-onderzoek. In het TNO-onderzoek waren dit allemaal mensen met klachten die zij toeschreven aan blootstelling aan elektromagnetische velden, in het Zwitserse onderzoek zijn ook mensen meegenomen die zichzelf "elektrogevoelig" vinden maar die niet per definitie klachten

* Vaak wordt in een onderzoek het effect van blootstelling op meerdere uitkomsten onderzocht. Er bestaat altijd de kans dat er op grond van toeval statistisch significante resultaten worden gevonden. Hoe meer uitkomsten worden onderzocht, des te groter de kans op dergelijke foutpositieve bevindingen. Daarom dient in dergelijke gevallen een correctie voor meervoudige vergelijkingen te worden toegepast. Zo'n correctie wordt uitgevoerd op de α, het getal dat de acceptabel geachte kans op het ten onrechte verwerpen van de nulhypothese aangeeft. Gebruikelijk is een α van 0,05, ofwel een kans van 1 op 20 dat de nulhypothese ten onrechte wordt verworpen. Door een correctie voor meervoudige vergelijkingen wordt de α verkleind, zodat voor iedere individuele uitkomst de kans op het ten onrechte verwerpen van de nulhypothese ook verkleind wordt, maar voor alle uitkomsten tezamen de kans hierop gelijk blijft aan 0,05. Het aantal in een onderzoek gemaakte vergelijkingen bepaalt de grootte van de correctie. Soms zijn echter de onderzochte parameters niet geheel onafhankelijk, maar bestaan er bepaalde correlaties. Die moeten dan worden bepaald en in de correctie voor meervoudige vergelijkingen worden verwerkt. Het effect daarvan is dat de correctiefactor kleiner wordt en de α dus minder sterk afneemt dan zonder correctie voor correlaties.

hadden. Wat de invloed daarvan op de uitkomst is geweest is niet in te schatten, omdat in beide groepen, “gevoeligen” en “niet-gevoeligen”, geen effecten gevonden zijn.

Een ander verschil zijn de strengere in- en uitsluitingscriteria in het Zwitserse onderzoek. Deze leiden enerzijds tot een strengere selectie dan in het TNO-onderzoek, maar anderzijds verminderen zij de invloed van potentiële verstorende factoren en resulteren in homogenere groepen. Ook dit komt de statistische zeggingskracht ten goede.

Blootstelling

Wat betreft de blootstelling van de proefpersonen aan een UMTS-signaal zijn beide onderzoeken goed vergelijkbaar. De signaalvorm in het Zwitserse onderzoek is gelijk aan die in het TNO-onderzoek, evenals de veldsterkte van 1 V/m. Het veld op de plaats waar de proefpersonen zich bevinden is volgens de Zwitserse onderzoekers wat uniformer en reproduceerbaarder dan in het TNO-onderzoek, maar het is niet waarschijnlijk dat dit een invloed heeft gehad op de uitkomst. De keuze van de Zwitsers voor additionele blootstelling aan een tienmaal hogere veldsterkte van 10 V/m bood verder de mogelijkheid een relatie tussen blootstelling en effect vast te stellen. Deze is echter niet gevonden: ook bij de hogere veldsterkte ontbreekt enig effect. Dit versterkt de conclusie dat er bij 1 V/m geen effecten zijn. Het is jammer dat in het Zwitserse onderzoek niet ook blootstelling aan een GSM-signaal is opgenomen; dat zou de vergelijkbaarheid met het TNO-onderzoek nog vergroot hebben.

Een verschil met het TNO-onderzoek betreft de tijdsintervallen tussen de opeenvolgende sessies: 45 minuten bij TNO en 1 week in het Zwitserse onderzoek. Het is mogelijk dat er in het TNO-onderzoek *carry-over* effecten zijn opgetreden, maar in de analyse van de gegevens is daarvoor gecorrigeerd. In het Zwitserse onderzoek kunnen weer variaties in gezondheid en gemoedstoestand opgetreden zijn over de periode van de vier weken dat de proefpersonen naar het laboratorium kwamen. De korte vragenlijst over de actuele gemoedstoestand is echter voor en na elke sessie ingevuld en de verandering in de score is als maat voor veranderingen in het welbevinden gebruikt. Eventuele veranderingen in gezondheid en gemoedstoestand over de vier weken waarin de blootstellingen plaatsvonden kunnen met deze aanpak dus geen rol spelen.

Daarnaast zijn de absolute scores gepresenteerd van de metingen na elke sessie, zowel met de korte vragenlijst over de actuele gemoedstoestand als met de TNO-vragenlijst. De spreiding in die waarden is kleiner dan die in de verschil-

waarden, wat erop wijst dat langetermijnvariaties in gezondheid en gemoedstoestand geen grote rol hebben gespeeld.

Vragenlijsten

Een belangrijke vraag bij de analyse van het TNO-onderzoek was, of de gebruikte vragenlijst een adequaat meetinstrument was. In het Gezondheidsraadadvies over het TNO-onderzoek is daar uitgebreid op ingegaan. Weliswaar is de TNO-vragenlijst ook in het Zwitserse onderzoek opgenomen, maar niet om de validiteit van die vragenlijst te testen, maar om een vergelijking met het TNO-onderzoek te kunnen maken. De Zwitserse onderzoekers wijzen er op dat beide vragenlijsten verschillende aspecten van welbevinden onderzoeken. De uitkomsten van het Zwitserse onderzoek geven daarom geen handvat om de geschiktheid van de TNO-vragenlijst te bepalen.

Het enige dat geconcludeerd kan worden is dat in het Zwitserse onderzoek de resultaten van beide vragenlijsten gelijk zijn en dat dit geen aanleiding geeft om de waarde van de TNO-vragenlijst in twijfel te trekken. Een directe vergelijking met de resultaten uit het TNO-onderzoek is echter niet mogelijk, omdat de Zwitserse gegevens op een andere manier zijn geanalyseerd (namelijk als een blootstelling-effect relatie).

Testen van cognitieve functies

Net als in het TNO-onderzoek zijn in de analyse van de effecten op cognitieve functies in enkele gevallen statistisch significante veranderingen gevonden. Evenals in het TNO-onderzoek was daar geen duidelijk patroon (of in dit geval een blootstelling-effect relatie) in te ontdekken. Na correctie voor meervoudige vergelijkingen bleek er in het Zwitserse onderzoek geen enkel significant effect meer aanwezig te zijn.

In beide onderzoeken zijn, op één uitzondering na, verschillende cognitieve functietests gebruikt. Ongetwijfeld geeft elke test inzicht in een aspect van cognitie, maar er kan geen uitspraak gedaan worden over de vraag of de in het Zwitserse onderzoek gebruikte tests adequater zijn dan de door TNO gebruikte, of andersom. Alle tests zijn gevalideerd en ook in andere onderzoeken gebruikt. Het ontbreken van enig effect betekent dat er geen mogelijkheid is de waarde van de tests in deze onderzoeken vast te stellen.

Statistische analyse

De statistische analyses zijn door de Zwitserse onderzoekers over het algemeen zorgvuldig uitgevoerd.[42] De commissie zet echter kanttekeningen bij het uitsluiten van sterk afwijkende resultaten bij de tests naar reactiesnelheid. De commissie meent dat een dergelijke uitsluiting in dit geval niet juist is.

Het uitsluiten van afwijkende gegevens kan nuttig en noodzakelijk zijn bij subjectieve gegevens, bijvoorbeeld wanneer de proefpersoon bepaalde informatie moet opgeven. Bij de reactiesnelheidstests gaat het echter om objectief gemeten gegevens. De enige redenen om in zo'n geval afwijkende waarden uit te sluiten zijn technische problemen of bewust verkeerd (bijvoorbeeld te langzaam) reageren van de proefpersonen.

De Zwitserse onderzoekers hebben de mogelijke oorzaak van de afwijkende gegevens niet aangegeven. Wel geven zij in een reactie op vragen van de commissie aan dat over alle proefpersonen het percentage uitgesloten metingen varieerde tussen 3,7 en 6,5. Dat maakt het volgens de Zwitserse onderzoekers hoogst onwaarschijnlijk dat de uitsluitingen de einduitslag – dat er geen effect is op cognitieve functies – hebben beïnvloed. De commissie deelt dit vermoeden, maar had wel liever gezien dat het werd onderbouwd met analyses van alle gegevens, dus zonder uitsluiting van de afwijkende waarden.

Het is niet mogelijk om een directe vergelijking te maken tussen de resultaten uit het Zwitserse onderzoek en die van TNO. In het TNO-onderzoek is steeds per blootstellingsmodaliteit een vergelijking gemaakt tussen schijn- en echte blootstelling. In het Zwitserse onderzoek is dat niet gedaan voor de twee blootstellingsniveaus afzonderlijk, maar is een blootstelling-effect relatie getoetst.

3.3.4 Conclusies

Geen effect op welbevinden en cognitieve functies

De eindconclusie van het Zwitserse onderzoek is dat blootstelling gedurende 45 minuten aan een UMTS-signaal met een veldsterkte tot 10 V/m niet resulteert in een effect op het welbevinden of op cognitieve functies.

In dit onderzoek zijn de resultaten van het TNO-onderzoek dus niet bevestigd en is er ook bij een tienmaal hogere veldsterkte dan de door TNO gebruikte 1 V/m geen effect gevonden. Dan rijzen de vragen: hoe kunnen die verschillen verklaard worden en aan welke resultaten moet meer waarde worden gehecht?

Om met die laatste vraag te beginnen: de resultaten van het Zwitserse onderzoek hebben meer zeggingskracht. Daarvoor zijn verschillende redenen. Aller-

eerst: beide onderzoeken zijn op goed opgezet en uitgevoerd, maar het TNO-onderzoek was het eerste in zijn soort en had daarmee noodzakelijk een verkennend karakter. Het Zwitserse onderzoek bouwde voort op de kennis die door TNO was opgedaan. Bij de analyse van de gegevens van TNO en de nadere beoordeling van het onderzoek door de Gezondheidsraad zijn een aantal zwakke punten naar voren gekomen; deze zijn ook in het Gezondheidsraadadvies beschreven. Bij het opzetten van het Zwitserse onderzoek zijn die zwakke punten zoveel mogelijk verbeterd. Alles bij elkaar leidt dat ertoe dat de resultaten van het Zwitserse onderzoek een grotere zeggingskracht hebben dan die van TNO en dat de conclusie op grond van de thans beschikbare kennis moet zijn dat de onderzochte blootstelling geen effect lijkt te hebben op welbevinden of cognitieve functies.

Een eenduidige verklaring voor de verschillen tussen het TNO-onderzoek en het Zwitserse onderzoek kan op dit moment niet worden gegeven. Het is mogelijk dat de effecten op het welbevinden die in het TNO-onderzoek werden gevonden op toeval berusten. Daartegen pleit echter dat dit effect in beide onderzochte groepen is gevonden. Een andere verklaring is dat er ergens in de procedure een systematische fout zat, maar daar zijn op dit moment geen aanwijzingen voor. In het advies van de Gezondheidsraad over het TNO-onderzoek is gesuggereerd dat de vragenlijst mogelijk geen adequaat meetinstrument zou zijn geweest. Dat kan nog steeds. Weliswaar is in het Zwitserse onderzoek geen verschil gevonden tussen de resultaten van de korte vragenlijst over de actuele gemoedstoestand en de TNO-vragenlijst, maar de validiteit van de TNO-vragenlijst kan met deze gegevens niet worden bepaald. Een andere mogelijkheid is, dat de door TNO gebruikte statistische analyse niet toereikend was. Ook daar is in het Gezondheidsraadadvies uitgebreid op ingegaan. Volgens de TNO-onderzoekers zijn de gebruikte analysemodellen geschikt en op de goede manier toegepast. Het zou echter nuttig zijn om de gegevens van TNO opnieuw te analyseren met dezelfde modellen als de Zwitsers hebben gebruikt.

Geen verschillen tussen “gevoelige” en “niet-gevoelige” proefpersonen

Een tweede belangrijke conclusie is dat er geen verschillen zijn gevonden tussen de reacties van de “gevoeligen” en de “niet-gevoeligen”. Dit onderzoek geeft daarmee geen ondersteuning aan de opvatting dat “elektrogevoeligheid” daadwerkelijk bestaat. Dit komt overeen met de bevindingen uit een recente review over dit onderwerp.[44]

Wel is opvallend dat er een verband is tussen het welbevinden en de mate van gepercipieerde blootstelling. Hiervoor zijn twee verklaringen: als de proef-

personen dachten blootgesteld te worden had dat een negatieve invloed op hun welbevinden, of als zij zich minder prettig voelden konden zij daardoor gaan denken dat zij dan wel blootgesteld moesten zijn geweest. Dit verband tussen ervaren blootstelling en welbevinden is in beide groepen gevonden. Het maakt daarvoor dus niet uit of mensen zichzelf al of niet als “elektrogevoelig” beschouwden.

3.4 Beoordeling van de resultaten van ander onderzoek

Omdat UMTS een nieuwe technologie is, is er nog maar zeer weinig onderzoek gedaan naar biologische of gezondheidseffecten van blootstelling aan deze specifieke signaalvorm. Het TNO-onderzoek was het eerste onderzoek waarin blootstelling aan UMTS is onderzocht.[55] Sinds die publicatie zijn er, behalve het Zwitserse onderzoek, slechts twee artikelen verschenen over effecten van UMTS-signalen.

3.4.1 Onderzoek naar mogelijke effecten op visuele waarneming

Opzet

Schmid en medewerkers onderzochten bij vrijwilligers het effect van een UMTS-signaal zoals dat door een mobiele telefoon wordt gegenereerd op parameters die gerelateerd zijn aan visuele waarneming.[46] De blootstelling was afkomstig van een antenne die zich aan de linkerkant van het hoofd bevond. Dit resulteerde in blootstelling van alleen het hoofd, dit in tegenstelling tot de situatie bij TNO en het Zwitserse onderzoek, waarbij de proefpersonen over het gehele lichaam werden blootgesteld.

De gemiddelde SAR in de hersenen in het onderzoek van Schmid was bij de hoogste signaalsterkte 370 mW/kg (gemiddeld over 10 g weefsel), met een minimum van 160 mW/kg en een maximum van 840 mW/kg. De lage signaalsterkte was een factor 10 lager. De maximum SAR in 10 g hersenweefsel berekend in het TNO-onderzoek was 0,078 mW/kg, terwijl in het Zwitserse onderzoek een gemiddelde waarde van 0,045 ± 0,013 mW/kg is berekend bij 1 V/m en 4,5 ± 1,3 mW/kg bij 10 V/m. De blootstelling van de hersenen in het onderzoek van Schmid en medewerkers lag dus hoger dan in de TNO- en Zwitserse onderzoeken. Ook de samenstelling van het signaal in het onderzoek van Schmid verschilde van die in het TNO- en Zwitserse onderzoek. Het signaal van Schmid is representatief voor het voeren van een gesprek met een UMTS-telefoon[39], terwijl

het signaal in de beide andere onderzoeken overeen komt met dat van een UMTS-basisstation zonder dat er daadwerkelijk getelefoneerd wordt.[43]

Elk van de 58 proefpersonen kreeg vier verschillende visuele waarnemingstests aangeboden onder drie verschillende condities: schijnblootstelling of blootstelling aan een hoge of aan een lage signaalsterkte. De volgorde van blootstellingsmodaliteit was gerandomiseerd, de tests werden steeds in dezelfde volgorde aangeboden. Het is niet duidelijk hoe lang elke serie tests duurde en hoe lang het interval tussen opeenvolgende testseries was. De totale procedure vond plaats binnen een tijdsbestek van 3,5 uur.

Resultaten

Ook in het TNO- en Zwitserse onderzoek is een visuele selectieve aandacht test toegepast. In het TNO-rapport[55] is voor deze test voor beide groepen proefpersonen een significant resultaat gerapporteerd, maar in de voor meervoudige vergelijkingen gecorrigeerde analyse zoals gepresenteerd in het Gezondheidsraadadvies[15] zijn deze resultaten niet meer significant. In het Zwitserse onderzoek is bij geen van beide blootstellingsniveaus een effect op de visuele aandacht gevonden. Ook Schmid en medewerkers vonden in geen van de tests een significant verschil tussen schijnblootstelling en blootstelling aan een lage of hoge signaalsterkte. Dat wil zeggen dat bij een lokale blootstelling van het hoofd aan UMTS-signalen die resulteerden in een energieopname in de hersenen die minstens vier maal hoger was dan in het TNO- en Zwitserse onderzoek werd gebruikt, er geen effect op het visuele waarnemingsvermogen is gevonden.

3.4.2 Onderzoek naar mogelijke effecten op de bloed-hersenbarrière

Franke en medewerkers onderzochten het effect van blootstelling aan een UMTS-signaal op een *in vitro* model voor de bloed-hersenbarrière, bestaande uit een primaire kweek van endotheelcellen afkomstig van capillairen uit hersenweefsel van varkens.[9] Blootstelling van deze cellen vond plaats gedurende 84 uur bij een gemiddelde veldsterkte die over het blootstellingssysteem varieerde van 3,4-34 V/m (maximum SAR: 1,8 W/kg). Het gebruikte signaaltype was hetzelfde als in het onderzoek van Schmid en medewerkers.[39]

De blootstelling aan een UMTS-signaal leidde niet tot enige veranderingen in de doorlaatbaarheid van dit model voor de bloed-hersenbarrière.

3.5 Conclusies

Laboratoriumonderzoek toont geen effect bij kortdurende blootstelling

Het onderzoek in Zwitserland, dat is uitgevoerd om in een verbeterde opzet het TNO-onderzoek te herhalen, heeft de resultaten van TNO niet bevestigd. Omdat het Zwitserse onderzoek, voortbouwend op de ervaring van het TNO-onderzoek, beter en uitgebreider was opgezet, hebben de resultaten meer gewicht dan die van het TNO-onderzoek.

Op basis van de resultaten van deze onderzoeken is er vooralsnog geen reden om aan te nemen dat een tot 45 minuten durende blootstelling aan een UMTS-signaal tijdens of direct na de blootstelling negatieve effecten op de gezondheid heeft. De enige aanwijzingen hiervoor komen uit het TNO-onderzoek en die zijn in het onderzoek dat in Zwitserland met een verbeterde opzet is uitgevoerd niet bevestigd.

Uit het Zwitserse onderzoek bleek ook niet dat er een effect van blootstelling op het welbevinden was over de periode van zes weken waarbinnen het onderzoek plaatsvond. Of er zich daarna effecten voordeden is, evenmin als in het TNO-onderzoek, niet onderzocht.

Deze twee onderzoeken zijn op dit moment de enige beschikbare bronnen van informatie over een mogelijk effect op het welbevinden. Op diverse plaatsen in de wereld worden op dit moment nog andere replicatieonderzoeken uitgevoerd. Deze zijn later gestart dan het Zwitserse onderzoek en de resultaten ervan zijn niet op korte termijn te verwachten. De resultaten van deze onderzoeken zullen meer inzicht geven over de vraag of UMTS op korte termijn een effect op de gezondheid heeft.

De bevindingen uit het TNO- en Zwitserse onderzoek van het ontbreken van een effect op cognitieve functies worden, wat betreft het visuele waarnemingsvermogen, bevestigd door het onderzoek van Schmid en medewerkers.

Alleen indirecte gegevens over langdurige blootstelling

In het TNO-onderzoek en het Zwitserse onderzoek is kortdurende blootstelling onderzocht. Ze geven dan ook geen informatie over mogelijke effecten van langdurige of continue blootstelling zoals die in het dagelijks leven plaatsvindt als door de aanwezigheid van UMTS-antennes in de woon- of werkomgeving. Dergelijke situaties kunnen ook niet in het laboratorium worden onderzocht. Onder-

zoek naar de effecten op het welbevinden van langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden van wat voor bronnen is tot nu toe echter niet gedaan.

Wel beschikken we over onderzoek naar het optreden van ziektes zoals kanker in relatie tot langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden. Het gaat dan echter niet om blootstelling aan UMTS-signalen. Onderzoek daarnaar kan namelijk alleen worden uitgevoerd als er gedurende een langere periode blootstelling heeft plaatsgevonden. Daarvoor is de technologie nog te recent in gebruik genomen.

Tot er meer tijd verstreken is kan alleen afgegaan worden op informatie over langetermijneffecten uit onderzoek naar andere bronnen, zoals radio- en televisiezenders. In het Jaarbericht 2005 heeft de Gezondheidsraad een uitgebreid overzicht van dat onderzoek gegeven. De conclusie was toen, en is nu nog steeds, dat langetermijneffecten als gevolg van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op basis van de huidige wetenschappelijke kennis niet kunnen worden vastgesteld.[16] Er zijn geen redenen om aan te nemen dat dit voor UMTS anders ligt.

Hoofdstuk **4**

Onderzoek naar mogelijke effecten van DECT

Steeds vaker wordt door mensen die zeggen gezondheidsklachten te krijgen van blootstelling aan elektromagnetische velden naast de GSM- en UMTS-systemen voor mobiele telecommunicatie ook DECT, het draadloze telefoonsysteem voor gebruik binnenshuis, als bron van de problemen aangewezen. Met name het feit dat een DECT-basisstation continu een gepulst signaal afgeeft zou de oorzaak hiervan zijn. Er wordt soms (ten onrechte) gesproken van “100 hele scherpe pulsjes per seconde”.

In dit hoofdstuk bespreekt de commissie de wetenschappelijke kennis op het gebied van blootstelling aan DECT-signalen op de gezondheid. Het hoofdstuk begint met wat korte achtergrondinformatie over DECT.

4.1 Technische informatie

DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunication*) is een moderne digitale standaard voor draadloze telecommunicatie. De toepassing varieert wat telefonie betreft van kleine huiscentrales tot grote bedrijfscentrales. Maar er zijn ook bijvoorbeeld DECT-babyfoons en DECT-*headsets* in de handel.

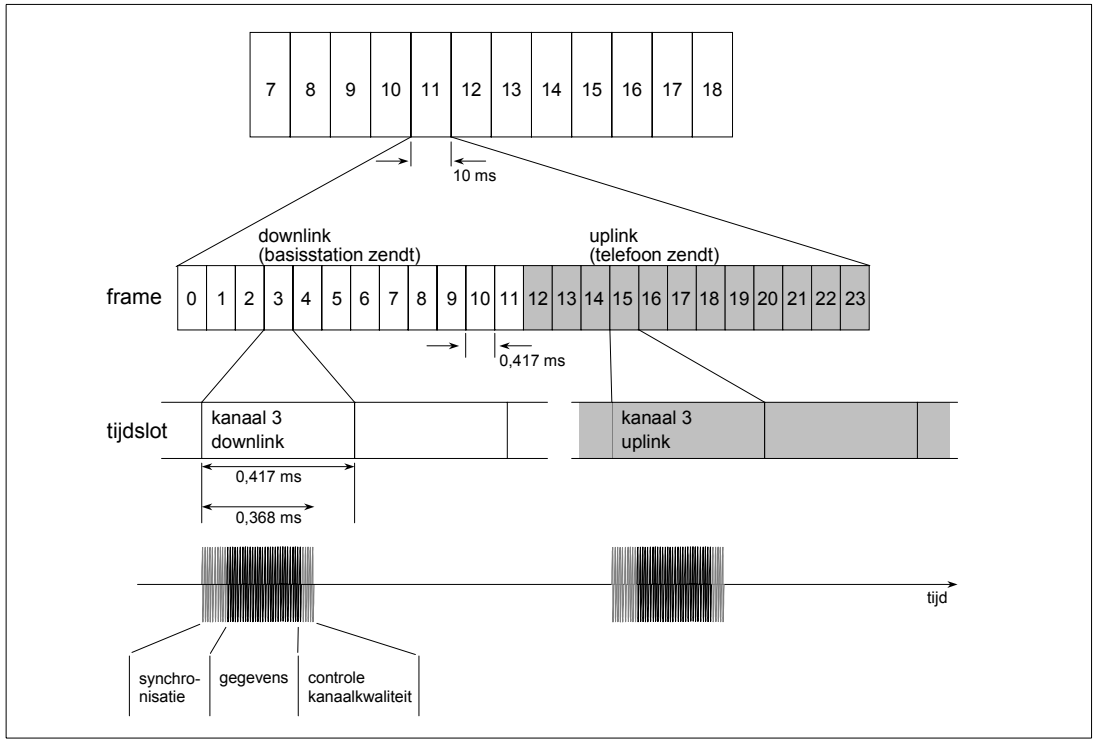
Een huiscentrale bestaat doorgaans uit een basisstation dat via een kabel aan het vaste telefoonnet is gekoppeld, en uit één of meerdere telefoons. De draadloze communicatie vindt uitsluitend plaats tussen de telefoons en het bijbehorende basisstation. Er kan, via het basisstation, ook van de ene telefoon naar de

andere worden gebeld; daarbij wordt de aansluiting op het vaste telefoonnet niet gebruikt.

Net als GSM gebruikt DECT een in de tijd verdeeld transmissiesysteem. Voor de huiscentrales betekent dit dat de mobiele telefoons en de basisstations niet met een continu signaal zenden, maar in korte pulsen. Het systeem werkt met frequenties tussen 1880 MHz en 1900 MHz en er zijn 10 frequentiekanalen met een bandbreedte van 1,728 MHz. Per verbinding wordt steeds één frequentiekanaal gebruikt. DECT-apparatuur zendt in tijdvensters (*frames*) van 10 milliseconden (ms), dus 100 *frames* per seconde: de pulsfrequentie is 100 hertz (Hz). Zijn er meerdere kanalen tegelijk in gebruik (bij meerdere verbindingen) dan verandert de pulsfrequentie.

Elk *frame* is onderverdeeld in 24 tijdsloten, waarvan de ene helft voor de communicatie van het basisstation naar het toestel wordt gebruikt (*downlink)*, en de andere helft voor de verbinding de andere kant op (*uplink*), zie figuur 2. Per verbinding wordt één tijdslot gebruikt. Omdat een frame een lengte heeft van 10 ms, heeft elk tijdslot een lengte van 10 ms / 24 = 417 µs. Daarvan wordt 368 µs gebruikt voor het daadwerkelijk zenden; in de resterende 49 µs gebeurt dat niet om overlap van opeenvolgende tijdsloten te voorkomen. De “pulsen” waarmee gezonden wordt zijn dus geen piekvormige pulsen, maar kleine pakketjes informatie.

Het maximaal vermogen van zowel de telefoons als van de huisbasisstations is 250 mW. Omdat er per verbinding maar één tijdslot van 10 ms wordt gebruikt, waarbinnen slechts 368 µs daadwerkelijk wordt gezonden, is het effectief uitgezonden vermogen van een telefoon maximaal 250 x 0,368 / 10 = 9,65 mW. Een gewoon huisbasisstation kan maximaal 8 toestellen tegelijk bedienen. Eén tijdslot is bij de meeste apparaten permanent in gebruik voor het zenden van een “bakensignaal” met een lengte van 83 µs, dus een vermogen van 250 x 0,083 / 10 = 2,1 mW. Het effectieve zendvermogen van een gewoon huisbasisstation bedraagt daarmee minimaal 2,1 mW en maximaal 79,3 mW (8 maal 9,65 mW per tijdslot waarin de communicatie plaatsvindt plus 2,1 mW van het bakensignaal). Bij grotere huis- en bedrijfscentrales kunnen meer kanalen aanwezig zijn, en daarmee meer vermogen.



Figuur 2 Schematische voorstelling van een DECT-signaal waarbij één frequentiekanaal in gebruik is. (Bron: gemodificeerd naar Schmid e.a.[45])

4.2 Metingen en berekeningen van de veldsterkte

Door Schmid en collega's[45] zijn metingen verricht aan basisstations en telefoons van twee typen DECT-systemen, en door Kühn en collega's aan drie typen DECT-basisstations.[30] Schmid en collega's voerden de metingen uit voor de situatie waarbij er via het basisstation door twee telefoons een gesprek werd gevoerd, dat wil zeggen, er waren twee tijdsloten voor de gespreksinformatie en één tijdslot voor het bakensignaal in gebruik. Kühn en collega's hebben gemeten bij één aangesloten telefoon plus het bakensignaal.[30] Uit deze metingen blijkt dat er tijdens het voeren van een gesprek op zeer korte afstand (enkele centimeters) van een basisstation een relatief hoge veldsterkte voorkomt die de door ICNIRP [26] gegeven referentiewaarden (59,6–59,9 V/m)* benadert of zelfs licht overstijgt. Deze metingen zijn echter uitgevoerd in het nabije veld** van de antenne en in

die situatie kunnen de ICNIRP-referentiewaarden, die van toepassing zijn op het verre veld, niet worden gebruikt. Met toenemende afstand neemt de veldsterkte sterk af, en op een normale gebruiksafstand (waar de verreveld-situatie van toepassing is) ligt deze doorgaans onder de 1 V/m. Tabel 1 geeft een overzicht van de meetwaarden, afgelezen uit een grafiek uit Kühn[30] en uit tabel 7.3 uit Schmid.[45] Deze laatste gegevens zijn omgerekend voor het gebruik van één telefoon om vergelijking met de gegevens van Kühn mogelijk te maken. Het effectief uitgezonden vermogen van het basisstation is dan 9,65 mW (gesprek) + 2,1 mW (baken) = 11,75 mW.

Tabel 1 Gemiddelde waarden van de veldsterkte en vermogensdichtheid bij een DECT-basisstation verbonden met één telefoon op basis van veldsterktemetingen aan 5 typen basisstations.

Afstand (cm)	Elektrische veldsterkte (V/m)[a]	Vermogensdichtheid (W/m^2)
5	15-20[b]	[c]
10	3,5-8[b]	[c]
20	1,5-2,2	0,006–0,013
30	1,1-1,7	0,0032–0,0077
40	0,7-1,2	0,0013–0,0038
50	0,6-1,0	0,00095–0,0027
100	0,3-0,4	0,00024–0,00074
300	0,2	0,00011

[a] Referentiewaardes ICNIRP: 59,6-59,9 V/m.
[b] Metingen in het nabije veld; vergelijking met referentiewaarden niet relevant.
[c] Metingen in het nabije veld; vermogensdichtheid niet te berekenen.

* In de blootstellingslimieten die zijn voorgesteld door ICNIRP worden twee typen limieten onderscheiden.[26] De basisbeperkingen zijn de eigenlijke blootstellingslimieten. Dit zijn waarden voor grootheden die direct betrekking hebben op processen die in een organisme tot gezondheidsschade kunnen leiden. Voor het gebied van de radiofrequenties waarmee DECT-systemen werken is als basisbeperking de *Specific Absorption Rate* (SAR) gedefinieerd. Het relevante biologische effect is opwarming van het organisme. De SAR is een maat voor de snelheid van opname van elektromagnetische energie in het lichaam, en is daarmee een maat voor de omzetting van deze energie in warmte en dus voor de opwarming. De SAR is in de praktijk lastig direct te bepalen. Daarom zijn van de basisbeperkingen de zogenoemde referentiewaarden afgeleid. Dat zijn waarden voor het elektrische en magnetische veld dat aanwezig is op de plaats van de blootstelling in afwezigheid van het blootgestelde object. Deze veldsterkten zijn relatief eenvoudig te meten. De referentiewaarden zijn een hulpmiddel om te bepalen of aan de eigenlijke blootstellingslimieten, de basisbeperkingen, wordt voldaan.

** Het elektromagnetische veld in de omgeving van een bron kan onderscheiden worden in twee zones: die van het nabije veld en die van het verre veld. In het verre veld staan de elektrische en magnetische componenten van het veld loodrecht op elkaar en op de voortplantingsrichting van het veld. Onder deze voorwaarden wordt de voortplanting van energie “straling” genoemd. De veldsterkte neem daarbij omgekeerd evenredig af met de afstand tot de bron. In het nabije veld is de relatie tussen het elektrisch en magnetisch veld complexer dan in het verre veld. De veldsterktes in het nabije veld zijn daarom moeilijker te berekenen. Zij nemen gemiddeld sterker dan omgekeerd evenredig af met de afstand tot de bron.

Omdat de vermogensdichtheid in lineair verband staat met het effectief uitgezonden vermogen, kan worden berekend wat de vermogensdichtheid en de overeenkomstige elektrische veldsterkte zijn voor de *stand-by* situatie waarbij alleen het bakensignaal wordt uitgezonden. De vermogensdichtheid wordt dan vermenigvuldigd met een factor 2,1 / 11,75 = 0,179.

Tabel 2 Gemiddelde waarden van de veldsterkte en vermogensdichtheid bij een DECT-basisstation in *stand-by*, berekend uit de gegevens uit tabel 1.

Afstand (cm)	Elektrische veldsterkte (V/m)	Vermogensdichtheid (W/m^2)
5	6,3–8,4[a]	
10	1,5–3,4[a]	
20	0,63–0,92	0,0011–0,0023
30	0,47–0,72	0,00058–0,0014
40	0,30–0,51	0,00023–0,00068
50	0,25–0,42	0,00017–0,00048
100	0,13–0,17	0,000043–0,000076
300	0,08	0,000019

[a] Geëxtrapoleerd.

Uit de beschikbare technische specificaties van DECT-babyfoons blijkt dat deze voortdurend signalen uitwisselen tussen de baby-unit en de ouderunit. Gegevens over de daardoor veroorzaakte veldsterkte, en over de veldsterkte wanneer er geluidsoverdracht plaatsvindt, ontbreken echter.

4.3 Demping

DECT-signalen worden door allerlei materialen in meer of mindere mate tegengehouden. Met name vloeren en wanden van gewapend beton zijn daar effectief in. In onderstaande tabel zijn enkele voorbeelden opgenomen.

Tabel 3 Demping van de veldsterkte van DECT-signalen door verschillende materialen.

Materiaal	Demping (dB)	Demping (%)
Glas	2	21
Muur	3-17	29–86
Vloer	14-55	80–99,8

Een DECT-basisstation dat zich tegen de muur tussen twee woningen bevindt veroorzaakt ook in de naastgelegen woning een elektromagnetisch veld. De sterkte daarvan is afhankelijk van de demping door de muur, en die varieert afhankelijk van de constructie. Bij een muur van gewapend beton is de demping van de veldsterkte meer dan 80%. Als gevolg van de dikte van de muur zal de

minimale afstand tussen iemand die zich in de naastgelegen woning bevindt en het basisstation altijd zodanig zijn dat de ICNIRP referentiewaarde niet zal worden overschreden. Wanneer er geen gesprek wordt gevoerd via het basisstation zal de veldsterkte die in de naastgelegen woning wordt veroorzaakt altijd minder zijn dan 1 V/m.

4.4 Bepaling van het opgenomen vermogen

Kühn en collega's hebben ook SAR-metingen verricht aan vier typen DECT-telefoons.[30] De maximale SAR-waardes (gemiddeld over 10 g weefsel) liepen uiteen van 0,019 tot 0,052 W/kg. De door ICNIRP gegeven grenswaarde voor een dergelijke lokale blootstelling is 2 W/kg.

De veldsterktes op enige afstand van de basisstations, in het verre veld, liggen ruimschoots onder de referentiewaardes van ICNIRP. Dat betekent dat ook de basisbeperking (een SAR, gemiddeld over het gehele lichaam, van 0,08 W/kg) niet wordt overschreden.

4.5 Resultaten van onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten

De veronderstelling dat een DECT-signaal effecten heeft op het organisme ligt ten grondslag aan de zorgen van de mensen die hun gezondheidsklachten toeschrijven aan de aanwezigheid van DECT-telefoons in hun omgeving.

4.5.1 Epidemiologisch onderzoek

De enige onderzoeken waarin een mogelijke relatie tussen het gebruik van een draadloze telefoon en gezondheidsproblemen is onderzocht, zijn epidemiologische onderzoeken naar het voorkomen van hersentumoren, uitgevoerd door Hardell en medewerkers in Zweden[21,22] en Schüz en medewerkers in Duitsland.[47] Het onderzoek van Schüz is het enige waarin specifiek het verband met het gebruik van DECT-telefoons is onderzocht en waarin ook gekeken is naar een mogelijk verband met de aanwezigheid van DECT-basisstations. Er is geen experimenteel onderzoek uitgevoerd naar effecten van DECT-signalen.

Schüz en medewerkers[47] vonden geen effect van de aanwezigheid van een DECT-basisstation naast het bed (waar dus in ieder geval gedurende de nacht een permanente blootstelling plaatsvond aan het elektromagnetische veld dat veroorzaakt wordt door het bakensignaal) op het voorkomen van hersentumoren. Vanwege de kleine aantallen* konden zij echter alleen kijken naar de aanwezigheid van het basisstation (en dus blootstelling 's nachts) en niet corrigeren voor het

gebruik van een DECT en/of mobiele telefoon (bronnen van blootstelling overdag). De wetenschappelijke waarde van dit onderzoek is derhalve, ook volgens de onderzoekers zelf, slechts beperkt. De commissie vindt dat het te ver voert om, zoals de onderzoekers desondanks doen, in deze gegevens een eerste aanwijzing te zien dat continue blootstelling aan lage niveaus elektromagnetische velden in de woonomgeving niet leidt tot een verhoging van de kans op hersentumoren.

Schüz en medewerkers hebben hetzelfde materiaal ook geanalyseerd op het gebruik van mobiele of draadloze telefoons, waaronder DECT.[47] Hoewel gevraagd is of mensen een DECT-telefoon of een ouder type (analoge) draadloze telefoon gebruikten, is in de analyse tussen deze typen geen onderscheid gemaakt. Het gebruik van een draadloze telefoon bleek in het onderzoek niet gerelateerd aan het voorkomen van hersentumoren, ook niet in de subgroep die al meer dan vijf jaar een draadloze telefoon gebruikte.

Ook dit onderzoek heeft echter maar een beperkte zeggingskracht. Zo is de daadwerkelijke blootstelling niet bepaald of geschat, omdat de follow-up tijd niet verder ging dan "5 jaar of langer", is niet bepaald of het gebruik alleen een draadloze telefoon betrof (de meeste gebruikers van een draadloze telefoon zullen ook een mobiele telefoon gebruiken) en was er een verschil in het percentage deelnemers uit de patiëntengroep en uit de controlegroep. Uit dit onderzoek kunnen dus geen conclusies getrokken worden over eventuele effecten van blootstelling aan een DECT-signaal.

De resultaten van de groep van Hardell wijzen volgens de onderzoekers wel op een verband tussen het gebruik van een draadloze telefoon en het voorkomen van hersentumoren.[21,22] In deze onderzoeken is het gebruik gedurende een langere periode gevolgd, meer dan 10 jaar, maar er is geen onderscheid gemaakt tussen het gebruik van analoge of digitale (DECT-) telefoons.

Hoewel de onderzoekers rapporteren een verhoogde kans op het voorkomen van hersentumoren te vinden die samenhangt met het gebruik van een draadloze telefoon, is dat uit het gepubliceerde materiaal nauwelijks op te maken. Voor de subgroep "gebruikers van alleen een draadloze telefoon" wordt een relatief risico van 1,3 (95% betrouwbaarheidsinterval = 0,99-1,7) gegeven.[22] De verhoging van het risico is dus niet statistische significant. Bovendien zijn de lengte van de periode van gebruik en de mate van gebruik (en daarmee de mate van blootstelling) niet in aanmerking genomen.

---

* Er is onderscheid gemaakt tussen de zekere aanwezigheid van een DECT-systeem en de mogelijke aanwezigheid van een DECT-systeem, en tussen het voorkomen van twee typen hersentumoren: menigiomen en gliomen. Per categorie zijn slechts 3-5 patiënten en 10-13 controles gevonden.

De commissie acht het waarschijnlijk dat degenen die het langst een draadloze telefoon gebruiken, in ieder geval aanvankelijk een analoog toestel hebben gehad. Er valt op grond van dit onderzoek dan ook niets te zeggen over de mogelijke invloed van DECT op het voorkomen van hersentumoren.

4.5.2 *Experimenteel onderzoek*

Het beschikbare epidemiologische onderzoek geeft dus nog geen informatie over de mogelijke gezondheidseffecten van DECT. Dan kan de vraag gesteld worden of er wellicht op grond van theoretische overwegingen of door extrapolatie van gegevens verkregen met andere, vergelijkbare bronnen een uitspraak gedaan kan worden over een mogelijke invloed van een DECT-signaal op de gezondheid. De meest voor de hand liggende andere bron is de GSM, en meer specifiek het GSM 1800 MHz signaal. De dragerfrequentie hiervan ligt dicht bij die van DECT (1880-1900 MHz) en het betreft ook een gepulst signaal dat volgens hetzelfde technische protocol werkt, met dien verstande dat een pulsfrequentie van 217 Hz gebruikt wordt in plaats van 100 Hz zoals bij DECT. Bij beide systemen wordt de informatie overgebracht door middel van modulatie van de dragerfrequentie in elke puls. Dat gebeurt door faseverschuivingen in de dragerfrequentie – de amplitude en de frequentie zelf blijven gelijk.

Er zijn diverse onderzoeken, uitgevoerd met *in vitro* gekweekte cellen en bij mensen, waarin blootstelling aan een gepulst GSM-signaal resulteerde in een sterker effect dan wanneer datzelfde signaal continu werd aangeboden. De meeste van die onderzoeken zijn echter gedaan met blootstelling aan 900 MHz GSM-signalen en zijn dus niet zo goed te vergelijken met een DECT-signaal. Toch zal de commissie hier wel aandacht aan besteden. Anderzijds zijn er ook diverse onderzoeken, *in vitro*, met proefdieren, en met mensen, waarin geen verschil gevonden is tussen effecten van blootstelling aan gepulste en continue radiofrequente velden.

Onderzoek naar effecten op hersenactiviteit

Huber en medewerkers stelden proefpersonen gedurende 30 minuten bloot aan een normaal (gepulst) 900 MHz GSM-signaal, een ongemoduleerd 900 MHz signaal of aan een schijnsignaal.[24] Tijdens en na de blootstelling nam de hersenactiviteit toe (in de vorm van een toename van de sterkte van de zogenaamde alfagolven: elektrische activiteit met frequenties van 8-13 Hz) bij blootstelling aan het (gepulste) GSM-signaal, maar niet bij blootstelling aan het continue signaal of bij de schijnblootstelling. Ook in andere onderzoeken is een effect gevon-

den van gepulste elektromagnetische velden, maar daarbij zijn geen vergelijkingen gemaakt met een continu signaal.[5-7,25,29,32]

Krause en medewerkers onderzochten het EEG bij kinderen tijdens een geheugentaak, terwijl ze al of niet werden blootgesteld aan een (gepulst) 900 MHz GSM-signaal.[29] Zij vonden daarbij dat bepaalde hersenactiviteiten tussen 5 en 10 procent veranderingen vertoonden. In eerder onderzoek vonden deze onderzoekers echter dat blootstelling van kinderen in dezelfde leeftijdscategorie aan een 900 MHz GSM-signaal geen invloed had op verschillende cognitieve functies.[19] De effecten op de hersenactiviteit lijken dus geen gevolgen te hebben voor het functioneren. Daarnaast zijn er ook diverse onderzoeken waarin geen effect van een GSM-signaal op hersenfuncties is gevonden.[20,51]

Onderzoek naar effecten op thermoregulatie

In onderzoek naar thermoregulatie is niet gevonden dat gepulste signalen meer of minder invloed hebben dan continue signalen.[1,10,11] Deze onderzoeken zijn echter uitgevoerd met andere signalen dan die van een mobiele telefoon.

Onderzoek naar carcinogenese

In twee onderzoeken naar de vorming van kanker is noch van continue, noch van gepulste radiofrequente velden enig effect gevonden.[23,54]

In vitro onderzoek

Er zijn verschillende *in vitro* onderzoeken uitgevoerd waarbij verschillen in effecten van gepulste en continue radiofrequente velden zijn onderzocht. Door diverse auteurs zijn in menselijke witte bloedcellen geen verschillen tussen beide modaliteiten gevonden bij SAR-waardes tot 10 W/kg.[34-37,52]

In onderzoek naar cellulaire stress-effecten of naar intracellulaire calciumniveaus is geen verschil gevonden in reacties op continue of GSM-gemoduleerde signalen in humane leukemie-cellen of gewone witte bloedcellen.[4,31,33,48]

Ten slotte werd in een onderzoek naar de afgifte van melatonine uit geïsoleerde pijnappelklieren van hamsters een continu of een GSM-gemoduleerd 1800-MHz signaal gebruikt bij verschillende SARs.[49] Bij 0,8 W/kg was bij beide typen signalen de afgifte van melatonine verhoogd. Bij 2,7 W/kg vonden de onderzoekers een verhoging bij het continue signaal en bij het GSM-signaal juist een verlaging van het melatonine niveau. Het is mogelijk dat bij 2,7 W/kg temperatuureffecten een rol speelden.

4.6 Conclusies

Gewoon gebruik van DECT leidt niet tot overschrijding van blootstellingslimieten

De veldsterkte die wordt veroorzaakt door DECT-basisstations varieert. Die is namelijk afhankelijk van of iemand een telefoongesprek voert of niet, van de afstand tot het basisstation en van eventuele demping van het signaal. Wanneer er geen gesprek wordt gevoerd zendt het basisstation toch voortdurend een zwak signaal uit (het “bakensignaal”). De blootstellingslimieten worden echter niet overschreden. Bij het gebruik van een DECT-telefoon blijft de blootstelling altijd ver onder de blootstellingslimiet.

Er is niets bekend over een mogelijk verband tussen DECT en hersentumoren

Er zijn slechts twee epidemiologische onderzoeken bekend waarin het optreden van hersentumoren in relatie tot blootstelling aan DECT-signalen is onderzocht. In beide onderzoeken zijn slechts geringe aantallen patiënten geïdentificeerd en is de daadwerkelijke blootstelling niet bepaald. Er valt daarom op grond van deze gegevens niets te zeggen over de mogelijke invloed van DECT op het voorkomen van hersentumoren.

Negatieve gezondheidseffecten van DECT-signalen zijn onwaarschijnlijk

In enkele onderzoeken is waargenomen dat (gepulste) signalen van een GSM-telefoon een zekere mate van invloed op bepaalde hersenactiviteiten kunnen hebben, terwijl het effect van een vergelijkbaar niet-gepulst signaal minder was. Andere gegevens wijzen er echter op dat GSM-signalen geen invloed hebben op leerprocessen. In onderzoek met vrijwilligers zijn verder geen aanwijzingen gevonden voor andere gezondheidseffecten.

Uit onderzoek met proefdieren en gekweekte cellen is niet gebleken dat de effectiviteit van gepulste en niet-gepulste elektromagnetische velden verschillend is – in de meeste onderzoeken gaf geen van beide typen velden een effect te zien.

Op grond van deze gegevens en van het ontbreken van enig inzicht in een mechanisme dat een verhoogde effectiviteit van gepulste velden zou kunnen verklaren[8] is de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn en dat het onwaarschijn-

lijk is dat DECT-signalen bij blootstelling onder de limietwaardes een negatieve uitwerking op de gezondheid hebben.

Literatuur

1 Adair, ER, Mylacraine, KS, and Cobb, BL. Partial-body exposure of human volunteers to 2450 MHz pulsed or CW fields provokes similar thermoregulatory responses. Bioelectromagnetics, 2001; 22(4): 246-259.

2 Boer, L. Taskomat: evaluation of a computerized test battery. Int J Select Assessm, 1995; 3(2): 105-114.

3 Bulpitt, CJ and Fletcher, AE. The measurement of quality of life in hypertensive patients: a practical approach. Br J Clin Pharmacol, 1990; 30(3): 353-364.

4 Cranfield, CG, Wood, AW, Anderson, V, e.a. Effects of mobile phone type signals on calcium levels within human leukaemic T-cells (Jurkat cells). Int J Radiat Biol, 2001; 77(12): 1207-1217.

5 Croft, RJ, Chandler, JS, Burgess, AP, e.a. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. Clin Neurophysiol, 2002; 113(10): 1623-1632.

6 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.

7 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.

8 Foster, KR and Repacholi, MH. Biological effects of radiofrequency fields: does modulation matter? Radiat Res, 2004; 162(2): 219-225.

9 Franke, H, Streckert, J, Bitz, A, e.a. Effects of Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) electromagnetic fields on the blood-brain barrier in vitro. Radiat Res, 2005; 164(3): 258-269.

10 Frei, MR, Jauchem, JR, and Heinmets, F. Thermoregulatory responses of rats exposed to 9.3-GHz radiofrequency radiation. Radiat Environ Biophys, 1989; 28(1): 67-77.

11 Frei, MR, Jauchem, JR, and Padilla, JM. Thermal and physiological changes in rats exposed to CW and pulsed 2.8 GHz radiofrequency radiation in E and H orientations. Int J Radiat Biol, 1989; 56(6): 1033-1044.

12 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2001. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/14.

13 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den Haag: Gezondheidsraad, 2002; publicatie nr 2002/01.

14 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/1.

15 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.

16 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2005. Den Haag: Gezondheidsraad, 2005; publicatie nr 2005/14.

17 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.

18 Grob, A. Subjective well-being and significant life-events across the life-span. Swiss J Psychol, 1995; 54: 3-18.

19 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.

20 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.

21 Hardell, L, Carlberg, M, and Hansson Mild, K. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. Int J Oncol, 2006; 28(2): 509-518.

22 Hardell, L, Carlberg, M, and Hansson Mild, K. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. Int Arch Occup Environ Health, 2006.

23 Heikkinen, P, Kosma, VM, Hongisto, T, e.a. Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. Radiat Res, 2001; 156(6): 775-785.

24 Huber, R, Treyer, V, Borbely, 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.

25 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.

26 ICNIRP - International Commission on Non-ionising Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). Health Phys, 1998; 74(4): 494-522.

27 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.

28 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.

29 Krause, CM, Bjornberg, 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.

30 Kühn, S, Lott, U, Kramer, A, and Kuster, N. Assessment of human exposure to electromagnetic radiation from wireless devices in home and office environments. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/bsw_kuster.pdf. Geraadpleegd 11-8-2006.

31 Lantow, M, Schuderer, J, Hartwig, C, e.a. Free radical release and HSP70 expression in two human immune-relevant cell lines after exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation. Radiat Res, 2006; 165(1): 88-94.

32 Lebedeva, NN, Sulimov, AV, Sulimova, OP, e.a. Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones. Crit Rev Biomed Eng, 2001; 29(1): 125-133.

33 Lim, HB, Cook, GG, Barker, AT, e.a. Effect of 900 MHz electromagnetic fields on nonthermal induction of heat-shock proteins in human leukocytes. Radiat Res, 2005; 163(1): 45-52.

34 Maes, A, Collier, M, and Verschaeve, L. Cytogenetic effects of 900 MHz (GSM) microwaves on human lymphocytes. Bioelectromagnetics, 2001; 22(2): 91-96.

35 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, e.a. DNA damage in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field. Radiat Res, 2002; 158(4): 534-537.

36 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, e.a. No evidence for genotoxic effects from 24 h exposure of human leukocytes to 1.9 GHz radiofrequency fields. Radiat Res, 2003; 159(5): 693-697.

37 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, e.a. DNA damage and micronucleus induction in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz continuous-wave radiofrequency field. Radiat Res, 2002; 158(4): 523-533.

38 Müller, B and Basler, HD. Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB). Weinheim, Germany: Beltz, 1993.

39 Ndoumbe Mbonjo Mbonjo, H, Streckert, J, Bitz, A, e.a. Generic UMTS test signal for RF bioelectromagnetic studies. Bioelectromagnetics, 2004; 25(6): 415-425.

40 Preece, AW, Iwi, G, Davies, SA, 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.

41 Preece, AW, Wesnes, KA, and Iwi, GR. The effect of a 50 Hz magnetic field on cognitive function in humans. Int J Radiat Biol, 1998; 74(4): 463-470.

42 Pruppers, MJM, van Kamp, I, Bolte, JFB, e.a. Blootstelling aan elektromagnetische velden van UMTS basisstations: welbevinden en cognitieve functies. Beoordeling van het 'Zwitserse onderzoek'. Bilthoven: RIVM, 2006; RIVM/LSO briefrapport 255/06.

43 Regel, SJ, Negovetic, S, Roosli, M, e.a. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. Environ Health Perspect, 2006; 114(8): 1270-1275.

44 Rubin, GJ, Munshi, JD, and Wessely, S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. Psychosom Med, 2005; 67(2): 224-232.

45 Schmid, G, Lager, D, Preiner, P, e.a. Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro. Seibersdorf: ARC Seibersdorf research GmbH, 2005; report nr ARC-IT-0126.

46 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.

47 Schüz, J, Bohler, E, Schlehofer, B, e.a. Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). Radiat Res, 2006; 166(1 Pt 1): 116-119.

48 Simko, M, Hartwig, C, Lantow, M, e.a. Hsp70 expression and free radical release after exposure to non-thermal radio-frequency electromagnetic fields and ultrafine particles in human Mono Mac 6 cells. Toxicol Lett, 2006; 161(1): 73-82.

49 Sukhotina, I, Streckert, JR, Bitz, AK, e.a. 1800 MHz electromagnetic field effects on melatonin release from isolated pineal glands. J Pineal Res, 2006; 40(1): 86-91.

50 Tukey, JW, Ciminera, JL, and Heyse, JF. Testing the statistical certainty of a response to increasing doses of a drug. Biometrics, 1985; 41(1): 295-301.

51 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.

52 Zeni, O, Chiavoni, AS, Sannino, A, e.a. Lack of genotoxic effects (micronucleus induction) in human lymphocytes exposed in vitro to 900 MHz electromagnetic fields. Radiat Res, 2003; 160(2): 152-158.

53 ZonMw. Program Proposal Electromagnetic Fields and Health Research Program. Internet: http://www.zonmw.nl/fileadmin/cm/preventie/documenten/EMV_G/EMF_H_Programme_Proposal_3.4_01.pdf. Geraadpleegd 30-10-2006.

54 Zook, BC and Simmens, SJ. The effects of 860 MHz radiofrequency radiation on the induction or promotion of brain tumors and other neoplasms in rats. Radiat Res, 2001; 155(4): 572-583.

55 Zwamborn, APM, Vossen, SHJA, Leersum, Bv, 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.

A De commissie

Bijlage

Bijlage **A**

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 VROM, Den Haag
- prof. dr. ir. G. Brussaard
  hoogleraar radiocommunicatie (emeritus); Technische Universiteit Eindhoven
- dr. J. Havenaar
  psychiater; GGZ Buitenamstel, Amsterdam
- 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
- dr. M.M. Sitskoorn
  neuropsycholoog/cognitiewetenschapper; Universitair Medisch Centrum Utrecht

- prof. dr. W.J. Wadman
  hoogleraar neurobiologie, Universiteit van Amsterdam
- D.H.J. van de Weerdt, arts
  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

Electromagnetic Fields: Annual Update 2006

to:

the State Secretary of Housing, Spatial Planning and the Environment

the Minister of Economic Affairs

the State Secretary of Social Affairs and Employment

the Minister of Health, Welfare and Sport

No. 2007/06, The Hague, February 15, 2007

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..." (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, and Agriculture, Nature & Food Quality. 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 INAHTA, the international network of health technology assessment (HTA) agencies that promotes and facilitates information exchange and collaboration among HTA agencies.

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

Preferred citation:
Health Council of the Netherlands. Electromagnetic fields: Annual Update 2006. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication no. 2007/06.

all rights reserved

ISSN: 1871-3785

Gezondheidsraad
Health Council of the Netherlands

To the State Secretary of Housing, Physical Planning
and the Environment

Subject : Presentation report *Electromagnetic Fields: Annual Upadate 2006*
Your reference:-
Our reference : U-074/EvR/sl/673-A23
Enclosure(s) : 1
Date : February 15, 2007

Mr State Secretary,

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 Hygiene. I herewith present you the fourth publication in this series. I have also presented this report today to the Minister of Economic Affairs, the Minister of Health, Welfare and Sport and to the State Secretary of Social Affairs and Employment.

In this Annual Update 2006 the Committee presents an overview of the state of science regarding effects of exposure to electromagnetic fields generated by two important mobile communication systems: UMTS and DECT. The chapter on UMTS contains an in-depth analysis of the Swiss study performed as replication of the 2003 TNO study. The conclusion for both systems is that, based on the current state of science, there are no indications for any adverse health effects.

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

1 Introduction *57*
1.1 Background *57*
1.2 Function of the Annual Update *57*
1.3 Organisation of this Annual Update *58*

2 New research recommendations *59*

3 Research on possible effects of UMTS *61*
3.1 Technical information *61*
3.2 Comparison of the Netherlands and Swiss studies *62*
3.3 Assessment of the results of the Swiss study *69*
3.4 Assessment of other research *75*
3.5 Conclusions *77*

4 Research on possible effects of DECT *79*
4.1 Technical information *79*
4.2 Field strength measurements and calculations *81*
4.3 Attenuation *83*
4.4 Determination of the absorbed power *84*
4.5 Results of studies into possible health effects *84*
4.6 Conclusions *88*

References *89*

Annex *93*

A The Committee *95*

Hoofdstuk 1

Introduction

1.1 Background

Public concern over possible harmful effects of exposure to electromagnetic fields has increased substantially in recent years. This is due in part to the upsurge in mobile telephony. The Health Council is therefore often confronted with questions on this subject, both from the general public and from government and Parliament. On 6 March 2000 the President of the Council therefore set up the Electromagnetic Fields Committee. The Committee was initially established for a period of four years, but its mandate has subsequently been extended by two years at a time and currently runs to the end of 2007.

The task of the the Committee is to regularly report on scientific developments in the area of electromagnetic fields, as it does in this Annual Update 2006. On an *ad hoc* basis, it will also take a closer look at key scientific developments. The membership of the Committee is given in Annex A.

1.2 Function of the Annual Update

This Annual Update deals with two subjects: UMTS and DECT. It is the fourth time that that the Committee uses this format to report on important scientific developments in this way. Previous Annual Updates were published in May 2001[17], January 2004[19] and November 2005.[21]

In the Annual Updates the Committee briefly indicates which advisory reports it has published in the period under review and comments on topics that have received attention in the scientific press and the general media during that period. These may be issues that have been addressed in a previous advisory report but have been cast in a new light in recent publications. They may also be topics on which the Committee is preparing an advisory report and, in the light of reports in the media, a provisional standpoint is needed.

1.3 Organisation of this Annual Update

Chapter 2 of this Annual Update begins with a brief discussion of the advisory report containing research proposals that the Committee published in May 2006. In chapter 3 the Committee discusses the scientific knowledge concerning possible effects of exposure to UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) signals. Chapter 4 is devoted to a discussion of this kind of knowledge with regard to DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).

Hoofdstuk 2

New research recommendations

At the request of the government, and as suggested by the Health Council, a research programme on Electromagnetic Fields and Health was established in the Netherlands in 2006 by the Organisation for Health Research and Development (ZonMw). The State Secretary of Housing, Spatial Planning and the Environment has asked the Health Council to indicate what issues might be addressed in this programme, also in the light of the research efforts in other countries.

The Committee published an advisory report on this topic on 30 May 2006, in which it makes proposals for studies in the areas of epidemiology, social-science research, experimental research in humans and in animals, research with cell cultures, and activities aimed at characterising exposure, both at micro and macro level.[22]

The Committee has taken into account the expertise that is available in the Netherlands and the research recommendations made by the World Health Organization (WHO).

The Committee's proposals have have been guiding in the drafting of the research programme Electromagnetic Fields and Health.[53]

Hoofdstuk 3

Research on possible effects of UMTS

What is known on the possible health impact of exposure to UMTS signals? In this chapter the Committee discusses a Swiss follow-up study into the possible influence of such signals. It has been performed after a 2003 study of the Netherlands Organization for Applied Scientific Research TNO seemed to indicate an effect on well-being. In the following the design and results of both studies are compared and their power is considered. Results of other studies are also discussed. The chapter starts with some short background information on UMTS.

3.1 Technical information

There are different types of wireless telecommunication systems in use. GSM and DECT systems utilise a non-continuous signal (see the advisory report *Mobile telephones: an evaluation of health effects*[18] and chapter 4 of this Annual Update, respectively), which involves transmitting the information from different users in successive "time slots". These are called TDMA (Time Division Multiple Access) systems.

UMTS, on the other hand, works according to the CDMA (Code Division Multiple Access) system, whereby the information from different users is transmitted simultaneously and encoded in a unique manner for each user. UMTS signals do not display the characteristic low-frequency pulses that are caused by the time slots in GSM and DECT systems. Low-frequency variations in signal strength may well occur as a result of the continuous signal-strength adjustment

that is required for an optimal connection.[39] With the available frequency bandwidth and capacity of the network, far more information can be transmitted much faster with UMTS than with GSM.

3.2 Comparison of the Netherlands and Swiss studies

3.2.1 History

The TNO study

In September 2003 TNO (the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) published the results of a study on the effects of exposure to electromagnetic fields originating from GSM and UMTS antennae on cognitive functions and well-being in human subjects.[55] The researchers found a statistically significant relationship between exposure to a UMTS base-station signal and a decline in a measure for well-being. Changes in various cognitive functions were also measured, both on exposure to GSM signals and on exposure to a UMTS signal. The picture that emerged was inconclusive, however.

Public concern

The findings with regard to the impact of exposure to a UMTS signal on well-being have attracted particular attention both in the Netherlands and in many other countries and led to growing concern over possible health effects of living in the vicinity of a UMTS antenna.

Improved analysis in a Health Council advisory report

The Health Council published an advisory report on the TNO study in June 2004.[20] This included an improved analysis of the data that the researchers had performed at the request of the Council.

That reanalysis led to a revision of the conclusions concerning the effects on cognitive functions. It was now only possible to identify a significant difference between actual and sham exposure for one combination of study group, type of exposure and cognitive test.

The conclusions regarding the effects on well-being remained the same even after the analysis had been revised. In both of the groups investigated in the study – a group of people who had various non-specific symptoms that they ascribed to living near GSM antennas and a group of people without these problems – a sta-

tistically significant difference was discovered between the measurements associated with UMTS exposure and sham exposure, pointing to a decline in well-being following UMTS exposure.

The Health Council concluded, however, that the instrument that had been used in order to quantify well-being – a specific questionnaire – was possibly not ideally suited to this purpose. This questionnaire stemmed from a study of long-term effects on well-being in people using certain anti-hypertension drugs and had not been tested as an instrument for measuring the short-term effects of exposure to electromagnetic fields that were investigated by TNO.

In the advisory report, the Council recommends having the TNO study repeated by other research groups in order to see whether the results are reproducible. The aim would then be to improve on the weak points from the TNO study. The Council found it particularly important that a questionnaire that had been validated for a study of this kind should be used to assess well-being.

Follow-up studies

Studies have been initiated in several countries – Switzerland, Denmark, Japan and the UK – which can be regarded wholly or partly as a replication of the TNO study. The Swiss study has meanwhile been completed and published.[43] Below the Committee gives a brief description and assessment of this Swiss study and a comparison with the TNO study, together with an opinion on the current level of knowledge with regard to UMTS and health.

3.2.2 Differences and similarities

Broadly speaking, the design of the Swiss study was the same as that of the TNO study. Under closely controlled laboratory conditions, study participants were exposed to electromagnetic fields of the type and strength that can occur in the living environment. The researchers investigated whether this exposure had an impact on well-being and on cognitive functioning.

Just like the TNO study, the Swiss study was aimed exclusively at effects that manifest themselves in the short term, i.e. during or directly after exposure. The design of the study was double-blind, i.e. neither the study participants nor the researchers knew during the study who had been exposed to what.

The design differed from that of the TNO study in several points of detail, however. This was partly on account of the need expressed by the Health Council to modify various points that had been identified as needing improvement. In the following several differences and similarities are being discussed.

Study participants

Two groups of subjects were investigated in each of the studies.

In the TNO study, one group consisted of people with symptoms that they ascribed to exposure to electromagnetic fields, while the second group comprised individuals without symptoms of this kind.

In the Swiss study, one group consisted of people who considered themselves to be sensitive to electromagnetic fields, either because they believed they could perceive these fields or because they had symptoms that they ascribed to exposure to these fields. The second group consisted of people who did not regard themselves as "electro-sensitive".

Number of study participants

A point of concern in the TNO study was the number of participants, therefore the Swiss study comprised more people. For the purposes of this study, a calculation was made of the minimum number of people required in order to be able to observe a given difference in outcome. To increase the statistical robustness of the study, however, it was considered advisable to include more study participants. In the TNO study, both groups (people with and without symptoms) in each exposure category (GSM or UMTS) consisted of 24 people. In the Swiss study the "sensitive" group comprised 33 subjects and the "non-sensitive" group 84 subjects.

Inclusion and exclusion criteria

A further difference between the two studies lay in the inclusion and exclusion criteria. Whereas the TNO study included people aged between 18 and 75 years, the age range in the Swiss study was 20-60 years. The following were excluded from the TNO study: people who had suffered brain injury, had epilepsy or claustrophobia, had undergone treatment for psychological problems in the six months prior to the study or had used psychoactive drugs in the two weeks preceding the study, and people with a pacemaker or a hearing aid.

On the basis of an extensive telephone interview, the Swiss study excluded those who had in the past suffered head injuries or a neurological or psychiatric illness, regular users of narcotics or psychoactive drugs in the six months prior to the study, people with a pacemaker, a hearing aid or a hearing implant, and also smokers, people with various symptoms as a result of chronic illness, pregnant women, people with sleep disorders, people with an average alcohol consump-

tion of more than 10 drinks per week, or consumption of caffeine-containing beverages that resulted in an intake of more than 450 mg caffeine per day (which is approximately three cups of coffee). Also excluded were people who did shift work and those who had made a long-haul flight (across more than three time-zones) in the month preceding the experiment.

As a result of this, the composition of the groups in the Swiss study was more homogeneous than in the TNO study. The two groups in the Swiss study are also comparable in terms of their age and gender profile.

Exposure

The participants in the TNO study were each exposed to two of the following three types of signal: GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz and 2100 MHz UMTS, with each combination occurring equally often. Because both groups consisted of 36 people, each signal type was used on 24 study participants. In addition, each participant also underwent a sham exposure ("placebo"). The effective field strength to which the study participants were exposed was 0.7 V/m for the two GSM signals and 1 V/m for UMTS.

Apart from the sham exposure, the Swiss study only used exposure to a UMTS signal, but in two different strengths: 1 V/m and 10 V/m. The form of the signal was the same as that of the UMTS signal used by TNO. All study participants were subjected to the three exposures.

Time intervals

In the TNO study, all of the activities involving a particular individual took place during a single half-day session. The exposure sessions lasted as long as was necessary in order to complete the cognitive function tests (about 20-25 minutes). The time interval between two successive sessions was also around 20-25 minutes, such that each session began 45 minutes after the start of the previous session.

The Swiss researchers felt that such relatively short intervals between successive sessions resulted in a considerable chance of carry-over effects, which means that at the beginning of a session the effects induced by the previous session have not completely disappeared and consequently are of influence on the measurements. In the Swiss study, the exposures therefore took place at one-week intervals and at around the same time of the day for each participant. Each exposure session lasted 45 minutes.

Questionnaires

The questionnaire used in the TNO study was a shortened and adapted version of one that had been developed for a study on antihypertensive drugs, in which effects were measured over periods of several months.[3] The validity of the TNO questionnaire for research into short-term effects of exposure to electromagnetic fields has not been verified. This was considered in some detail by the Committee in its evaluation of the TNO study.[20]

The TNO questionnaire was also used in the Swiss study (in order to allow for a comparison with the TNO study). Several other questionnaires were also used. A short questionnaire on current disposition was used as the measuring instrument. This comprised six items, each consisting of two choices: tense/calm, apprehensive/unperturbed, worried/unconcerned, anxious/relaxed, sceptical/trusting, uneasy/comfortable.[38] This questionnaire has been validated with a view to measuring short-term changes in well-being. It was used before and after each exposure session, and hence it was possible to measure changes that occurred during the session. Another questionnaire was drawn up especially for this study in order to identify factors that might influence well-being: length and quality of sleep the previous night, colds, amounts of alcohol, caffeine and medication consumed on the day of the session, (pre)menstrual complaints and stressful events. These factors were then taken into account when analysing the data. The participants were also asked to indicate what field strength they thought they had been exposed to by scoring them on a scale that ran from 0 (not exposed) to 100 (very heavily exposed). This questionnaire and the TNO questionnaire were completed after each session.

One week before the first (training) session and one week after the final exposure session, the participants completed a detailed questionnaire on the subject of well-being.[12] This list was developed and validated with a view to measuring changes over a prolonged period. It has been used in this study to determine whether participation in the study as such had a direct impact on well-being.

In figure 1 the chronological order of the different elements of both studies is shown.

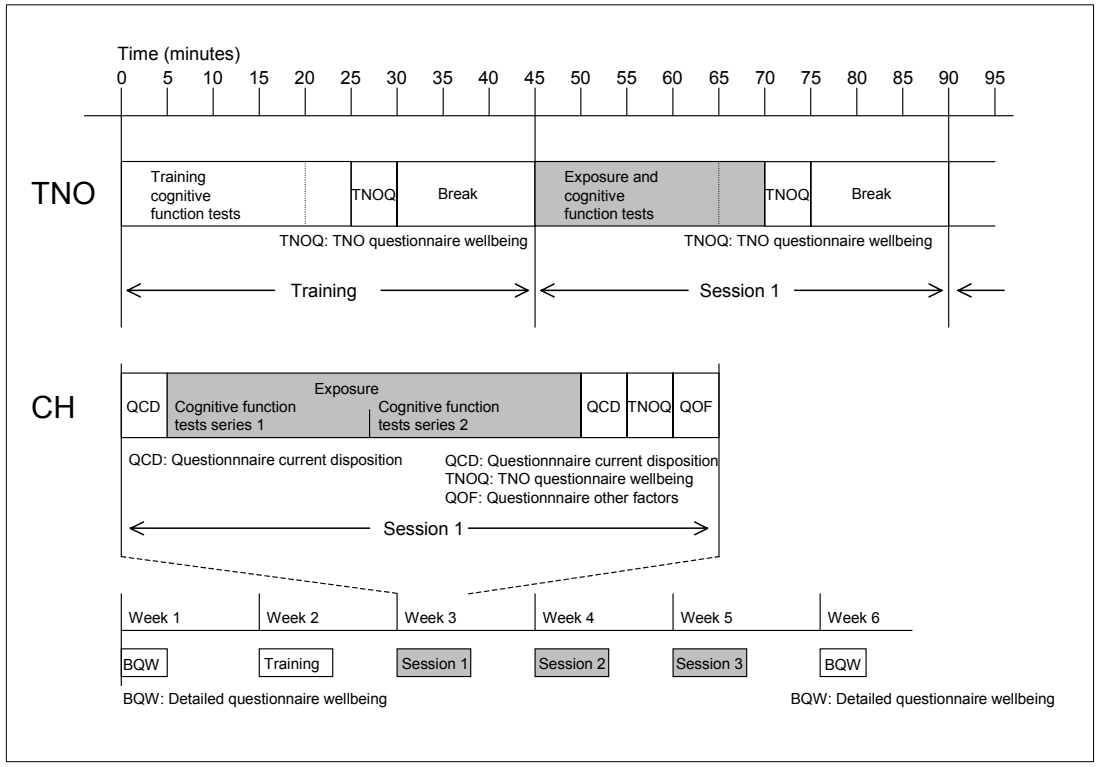


Figure 1 Chronological order of the different elements of the TNO and Swiss studies. The top two bars employ the same scale (minutes), while the bottom bar is a weekly scale. In the TNO study, all sessions were conducted sequentially within a single half-day session. Exposure periods are shaded.

Cognitive function tests

In the TNO study, cognitive functions were tested using the Taskomat test battery developed by TNO. This consists of five different computerised memory and reaction tests (reaction time, memory comparison, visual selective attention, dual tasking and filtering of irrelevant information).[2] The series of tests was run once in each exposure session.

The Swiss study used only the visual selective attention test from this series, together with two reaction tests – a simple reaction-time test and a two-choice reaction-time test [28,40,41] – and a memory test (the N-back test).[27] The series of tests was run twice in each exposure session.

Statistical analysis

The data in the TNO study were analysed using an ANOVA (ANalysis Of VAriance) procedure.* This included the following variables: exposure (sham, GSM900, GSM1800 or UMTS), group (with symptoms or without symptoms), session (first, second or third), sequence (there were 18 different possible sequences), subject within sequence (36 people in the group with symptoms, 36 people in the group without symptoms), timing of the procedure (morning or afternoon). Because ANOVAs are predicated on the assumption that the residuals are normally distributed and this was not always the case, non-parametric analyses were also performed – where applicable – with the Wilcoxon (Mann-Whitney U-test), rank-sign or median test (Cochran-Mantel-Haenszel test).

The statistical analysis for each of the two groups in the Swiss study was performed separately using linear mixed models. These models are preferable to an ANOVA since they take account of the intrinsic correlation among repeated observations in the same participant. The variables included here are: exposure (sham, 1 V/m or 10 V/m) and time (week 1, 2 or 3). An additional variable included in the analysis of cognitive functions is the test series for each exposure session (series 1 or 2). Furthermore, the reliability of the models was tested by adjusting for potential confounders (age, gender, body weight, caffeine intake, medication, (pre)menstrual complaints, sleep quality and colds). For purely statistical reasons, highly discrepant results (more or less than 4 x the median deviation) were not included in the analysis of the test results for reaction speed. This did not happen in the TNO study, where all results were included in the analysis. For a number of cognitive function tests in the Swiss study, the residuals were found not to be normally distributed. In these cases, a non-parametric test was performed (the Wilcoxon rank-sign test). In the analysis of the cognitive function tests, an adjustment was made for multiple comparisons.[50]

The relationship between the perceived strength of the electromagnetic field and its actual strength was tested using the Spearman rank correlation test. The number of positive and negative correlations was tested with a sign test. The same procedures were performed in order to investigate the association between the perceived field strength and well-being.

---

* An ANOVA is a statistical procedure designed to determine whether there are differences between the means of the relevant values for the groups under investigation. This is accomplished by ascertaining whether the variation between the groups is comparable to the variation within the groups. For each individual, the individual value of a given parameter can be defined as the sum of the mean value for the group, the variation within the group and an individual component ("residual"). An ANOVA can only be performed if the residuals are normally distributed.

3.3 Assessment of the results of the Swiss study

3.3.1 Well-being

The outcomes of the scores from the questionnaires (the questionnaire on current disposition and the TNO questionnaire) do not reveal any differences between sham exposure and exposure to 1 V/m or 10 V/m. This applies both to the absolute scores measured after each exposure session and to the difference in scores as measured before and after each session with the questionnaire on current disposition.

The score for the perceived field strength also does not show any difference between the three exposure modalities: there is no association between the actual and perceived exposure. Regardless of the actual exposure, however, there is an association between the perceived exposure and well-being: the higher the perceived exposure, the greater the decline in well-being. This can be explained in two ways. If the study participants thought they had been exposed, this had an adverse effect on their well-being, or if they were not feeling well then this could lead them to think that they must have been exposed. This association between perceived exposure and well-being was identified in both groups. It is therefore not dependent on whether or not people regarded themselves as being "electro-sensitive".

Regardless of the exposure, the questionnaire scores were higher (indicating reduced well-being) in the "sensitive" group than in the "non-sensitive" group. That is a logical consequence of the fact that some of the "sensitive" subjects already had symptoms – which does not, of course, mean that those symptoms were caused by exposure to electromagnetic fields. In the TNO study too, the questionnaire score in the group with symptoms was higher – regardless of the exposure – than that in the control group.

The analysis of the questionnaires that explored the impact on well-being of participation in the study did not bring to light any differences in the "sensitive" group as far as the scores for health and satisfaction are concerned. In the "non-sensitive" group, the score for health was significantly lower after the study than before (pointing to better health), but the score for satisfaction was unchanged.

The conclusion is that in none of the two groups participation in the study *per se* had a negative influece on well-being.

3.3.2 Cognitive functions

Initial results

a. Reaction speed

Exposure was not found to affect the reaction speed in the simple reaction-time test, the N-back test and the visual selective attention test in either of the two groups. In the "sensitive" group, the speed in the two-choice reaction-time test was lower in the second series of tests than in the first series for sham exposure and exposure to 1 V/m (two series of tests were used per exposure session), but not in the case of 10 V/m. In the "non-sensitive" group, the reaction speed decreased within each of the three exposure modalities. The conclusion is that exposure had no impact on the two-choice reaction-time test.

b. Accuracy

The exposure modality was not found to affect the accuracy with which the tests were performed in either of the two groups. Only in the case of the "non-sensitive" subjects was the accuracy in the 1-back test less with 1 V/m than with sham-exposure, and less with 10 V/m than with 1 V/m.

Results after correction

Adjustment for confounding factors did not result in any change in the results outlined above.

This was different when a correction for multiple comparisons was applied. As in the TNO study, several variables were used in the Swiss study on cognitive functions both for exposure (three different field strengths) and for the measured effects (different cognitive functions). In fact, therefore, several questions were addressed. An adjustment should be made for this fact when conducting a statistical analysis on the data in order to prevent statistically significant results from being found by chance.*

After the adjustment for multiple comparisons had been made (allowing for a correlation factor of 0.39), all of the aforementioned differences in the cognitive function tests were found to be no longer significant.

3.3.3 *Assessment of the power*

Participants

Generally, the Swiss study has been well designed and executed. Most of the improvements recommended by the Health Council have been heeded.[42]

The number of study participants is larger than in the TNO study and this increases the statistical robustness. On the other hand, however, the composition of the "sensitive" group differs from the TNO study. Whereas in the TNO study these were all people with symptoms that they ascribed to exposure to electromagnetic fields, the Swiss study also included people who considered themselves to be "electro-sensitive" but did not necessarily had symptoms. It is impossible to assess what impact this has had on the outcome of the study, since no effects were identified in either the "sensitive" or "non-sensitive" groups.

Another difference lies in the more stringent inclusion and exclusion criteria that were applied in the Swiss study. On the one hand these lead to a stricter selection than in the TNO study, but on the other hand they reduce the impact of potential confounding factors and result in more homogeneous groups than in the TNO study and this too enhances the study's statistical robustness.

Exposure

As far as the exposure of the study participants to a UMTS signal is concerned, the two studies are readily comparable. The form of signal used in the Swiss study is the same as the one in the TNO study, as is the field strength of 1 V/m. According to the Swiss researchers, the field in the place where the subjects are tested is somewhat more uniform and reproducible than in the TNO study, but it is unlikely that this had an impact on the outcome. The Swiss researchers' deci-

* It is common for a study to look at the effect of exposure in terms of a number of possible outcomes. When this is done, there is always the possibility that pure chance will produce statistically significant results. The more possible outcomes are investigated, the greater the likelihood of such false-positive findings. An adjustment should therefore be made in such cases for multiple comparisons. The correction is made to the α, the figure that represents the acceptable risk of a false-positive result. Ordinarily, α is 0.05, corresponding to a one-in-twenty chance of incorrectly rejecting the null hypothesis. As the number of comparisons made increases, so a smaller value has to be used, so that the risk of incorrectly rejecting the null hypothesis is reduced for any one outcome, but remains the same (0.05) for all outcomes together. The number of comparisons made in a study dictates the size of the adjustment. However, it is sometimes the case that the parameters under study are not entirely independent of one another, due to the existence of certain correlations. Under such circumstances, the correlations need to be identified and allowance made in the multiple-comparisons adjustment factor. This is then reduced, resulting in a smaller reduction in the α value than where no allowance has been made for correlations.

sion to opt for additional exposure to a ten times higher field strength of 10 V/m furthermore afforded the opportunity to assess an exposure-effect relationship. No such relationship was identified, however. There was no effect at the higher field strength either, thereby reinforcing the conclusion that there are no effects at 1 V/m. It is a pity that the Swiss study did not also include exposure to a GSM signal as this would have further enhanced comparability with the TNO study.

A difference between the two studies lies in the time intervals between the successive sessions: 45 minutes in the case of TNO and 1 week in the Swiss study. It is possible that carry-over effects occurred in the TNO study, but an adjustment was made for this when analysing the data. In the Swiss study, on the other hand, variations in health and mood may have arisen over the period in which the subjects made their four weekly visits to the laboratory. The brief questionnaire on current disposition was, however, completed before and after each session and the change in the score was used as a measure of changes in well-being. With this approach, it is not possible for any changes in health and mood over the four weeks in which the exposures took place to play a significant role.

The absolute scores from the measurements performed after each session were also presented, both with the brief questionnaire on current disposition and with the TNO questionnaire. The spread in these values is smaller than the spread in the differences, which indicates that long-term variations in health and mood did not play a major role.

Questionnaires

An important question that arose during the analysis of the TNO study was whether the questionnaire that had been used was an effective measuring instrument. This question was considered at length in the Health Council advisory report on the TNO study. Although the TNO questionnaire was also included in the Swiss study, this was not done with the intention of testing the validity of this questionnaire, but in order to allow for a comparison with the TNO study. The Swiss researchers point out that the two questionnaires explore different aspects of well-being. The outcomes of the Swiss study are therefore of no assistance in assessing the suitability of the TNO questionnaire. The only conclusion that can be drawn is that the results from the two questionnaires in the Swiss study are similar and that this gives no reason to cast doubt on the value of the TNO questionnaire. A direct comparison with the results from the TNO study is not possible, however, since the Swiss data have been analysed in a different way (as an exposure-effect relationship).

Cognitive function tests

As in the TNO study, statistically significant changes have, in some cases, been found in the analysis of the effects on cognitive functions. Moreover, it was not possible to discern any obvious pattern (or, in this case, exposure-effect relationship) – as in the TNO study. In the Swiss study, there was no longer found to be any significant effect after adjustment for multiple comparisons.

The cognitive function tests used in the two studies are different, with one exception. Each test undoubtedly provides an insight into one aspect of cognition, but no conclusions can be drawn on the question of whether the tests used in the Swiss study are more effective than those used by TNO, or vice versa. All of the tests have been validated and also used in other studies. The absence of any effect makes it impossible to establish the value of the tests in these studies.

Statistical analysis

Generally speaking, the Swiss researchers have carefully performed the statistical analyses.[42] However, the Committee has reservations about the exclusion of highly discrepant results from the tests on reaction speed. The Committee feels that it is not correct to exclude such results in this case.

The exclusion of discrepant data can be useful and necessary when dealing with subjective data (when, for example, the participant is required to provide certain information). In the case of the reaction speed tests, however, we are dealing with objectively measured data. The only reasons for excluding discrepant values in such a case are technical problems or if the study participants were to react wrongly (e.g. too slowly) on purpose.

The Swiss researchers have not indicated the possible reason for the discrepant data. They do, however, state in a response to questions from the Committee that the percentage of measurements excluded across all study participants ranged from 3.7 to 6.5%. This, they maintain, makes it most unlikely that the exclusions could have influenced the final outcome – i.e. that there is no effect on cognitive functions. The Committee endorses this assumption, but would rather it had been supported with analyses of all the data (i.e. without excluding the discrepant values).

It is not possible to make a direct comparison between these results from the Swiss study and the TNO findings. In the TNO study, a comparison was consistently made between sham and actual exposure for each exposure modality. In the Swiss study, this was not done separately for the two levels of exposure; instead, an exposure-effect relationship was assessed.

3.3.4 *Conclusions*

No effect on well-being and cognitive functions

The final conclusion from the Swiss study is that exposure to a UMTS signal with a field strength of up to 10 V/m for 45 minutes does not result in an effect on well-being or on cognitive functions.

Thus the results of the TNO study were not confirmed in this study and no effect was identified even at a field strength ten times higher than the 1 V/m used by TNO. This raises two questions: how are these differences to be explained and which results should be considered more important?

Let us start by answering the second question. The results of the Swiss study are more robust for a number of reasons. First and foremost, both studies were properly designed and executed. However, being the first study of its type, the TNO study was necessarily of an exploratory nature. The Swiss study built upon the knowledge that had been acquired by TNO. The analysis of the TNO data and the further evaluation of the study by the Health Council highlighted a number of weaknesses, which were also discussed in the Health Council advisory report. Wherever possible, those weaknesses were rectified in the design of the Swiss study. All things considered, this means that the results of the Swiss study have greater robustness than the TNO findings and that, based on the knowledge now available, the conclusion to be drawn must be that the exposures studied seem not have any effect on well-being or cognitive functions.

At this point in time it is not possible to give an unequivocal explanation of the differences between the TNO study and the Swiss study. It is possible that TNO's findings with regard to effects on well-being are due to chance. However, the fact that this effect was identified in both groups under investigation would tend to suggest otherwise. Another possible explanation is that there was a systematic flaw somewhere in the procedure, though there is no evidence of this at present. In the Health Council's advisory report on the TNO study it was suggested that the questionnaire might possibly not have been an effective measuring instrument – and this remains a possibility. Although no difference was found in the Swiss study between the results of the brief questionnaire on current disposition and the TNO questionnaire, it is not possible to establish the validity of the TNO questionnaire with these data. Another possibility is that the statistical analysis used by TNO was inadequate. This was also discussed in some detail in the Health Council report and, according to the TNO researchers, the analytical models that were used were suitable and correctly applied. It would, however, be

useful to undertake a further analysis of the TNO data using the models from the Swiss study.

No differences between “sensitive” and “non-sensitive” participants

A second important conclusion is that no differences have been identified between the reactions of the “sensitive” and “non-sensitive” individuals. Thus this study does not support the notion that such a thing as “electro-sensitivity” actually exists. This corresponds to the outcome of a recent review on this subject.[44]

It is certainly worth noting that there is a connection between well-being and the degree of perceived exposure. There are two possible explanations for this. If the study participants thought they had been exposed, this had an adverse effect on their well-being, or if they were not feeling too good this might lead them to think that they must have been exposed. This association between perceived exposure and well-being was identified in both groups and is therefore makes no difference whether or not people considered themselves to be “electro-sensitive”.

3.4 Assessment of other research

As UMTS is a new technology, very little research has been done as yet into biological or health effects of exposure to this particular form of signal. The TNO study was the first study to investigate exposure to UMTS.[55] With the exception of the Swiss study, only two papers have been published about effects of UMTS signals since that publication.

3.4.1 Study on possible effects on visual perception

Set-up

Schmid *et al.* investigated what effect a UMTS signal such as that generated by a mobile telephone had on parameters relating to visual perception in volunteers.[46] The exposure came from an antenna positioned on the left side of the head. This resulted in exposure of the head only – as opposed to the situation in the TNO and Swiss studies, where the study participants were subjected to whole-body exposure.

The average SAR in the brain in the Schmid study at the highest signal strength was 370 mW/kg (averaged over 10 g tissue), with a minimum of 160 mW/kg and a maximum of 840 mW/kg. The low signal strength was a factor of

10 lower. The maximum SAR in 10 g brain tissue as calculated in the TNO study was 0.078 mW/kg, whereas in the Swiss study an average value of 0.045 ± 0.013 mW/kg was calculated at 1 V/m and 4.5 ± 1.3 mW/kg at 10 V/m. The exposure of the brain in the Schmid *et al.* study was therefore higher than in the TNO and Swiss studies. The composition of the signal in the Schmid study also differed from that in the TNO and Swiss studies. The signal chosen by Schmid is representative of a call made with a UMTS telephone[39], whereas the signal in the other two studies typifies that of a UMTS base station without active calls.[43]

Each of the 58 study participants was offered four different visual perception tests under three different sets of conditions: sham exposure or exposure to either a high or a low signal strength. The sequence of exposure modality was randomised and the tests were always offered in the same order. It is not clear how long each series of tests lasted and how long the interval was between successive test series. The entire procedure took place within a period of 3.5 hours.

Results

A visual selective attention test was also used in the TNO and Swiss studies. In the TNO report[55], a significant result was reported for this test for both groups of study participants, but in the multiple comparison-adjusted analysis that is presented in the Health Council advisory report[20] these results are no longer significant. In the Swiss study, no effect on visual attention was discovered at either level of exposure. Also Schmid *et al.* did not identify a significant difference between sham exposure and exposure to a low or high signal strength in any of the tests. In other words, no effect was identified on visual perceptiveness after local exposure of the head to UMTS signals that resulted in the brain absorbing at least four times more energy than in the TNO and Swiss studies.

3.4.2 Study into possible effects on the blood-brain barrier

Franke *et al.* investigated the effect of exposure to a UMTS signal on an *in vitro* model of the blood-brain barrier, consisting of primary microvascular endothelial cell cultures derived from porcine brain tissue.[9] These cells were exposed for 84 hours at an average field strength that ranged from 3.4-34 V/m (maximum SAR: 1.8 W/kg). The signal was of the same type as that used in the study by Schmid *et al.*[39]

Exposure to a UMTS signal did not result in any changes in the permeability of this blood-brain barrier model.

3.5 Conclusions

Experimental studies do not show effects with short-term exposure

The research in Switzerland, which set out to repeat the TNO study using an improved design, did not confirm the TNO findings. As the Swiss study built on the experience gathered by the TNO researchers, its design was better and more comprehensive and consequently its results have more weight than those of the TNO study.

Based on the results of these studies, there is, for the time being, no reason to suppose that there would be any negative effects on health during or immediately after 45 minutes exposure to a UMTS signal. The only evidence of such effects comes from the TNO study and was not substantiated in the study that was performed in Switzerland with an improved design.

Similarly, the Swiss research did not show that exposure had any effect on well-being over the six-week study period. Whether any effects emerged thereafter was not investigated either in this or in the TNO study.

These two studies are currently the only available sources of information as far as effects on well-being are concerned. Other replication studies are currently under way in various locations worldwide. They have been started later than the Swiss study and their results are not expected in the near future. The results of these studies will provide more insight into whether UMTS exposure can result in short term health effects.

The findings from the TNO and Swiss studies as regards the absence of an effect on cognitive functions are borne out by the Schmid *et al.* study as far as visual perception is concerned.

Only indirect data on long-term exposure

In the TNO and Swiss studies short-term exposure has been investigated. Consequently these studies do not provide any information about possible effects of prolonged or continuous exposure of the type that occurs in everyday life as a result of the presence of UMTS antennas in the living or working environment. Such situations cannot be investigated in the laboratory either. No research has been conducted to date, however, on the effects of prolonged exposure to electromagnetic fields of whatever sources on well-being.

Although research has been performed into the occurrence of such diseases as cancer in relation to prolonged exposure to electromagnetic fields, exposure to

UMTS signals has not been addressed. This type of research is only possible if exposure has taken place over a prolonged period and the UMTS technology has been in place only for a relatively short period of time.

Until more time has elapsed, we must rely on information about long-term effects from research on exposure to other sources, such as radio and television transmitters. In the 2005 Annual Update, the Health Council provided a comprehensive overview of that research and concluded that at the basis of current scientific knowledge no long-term effects can be identified as a result of prolonged exposure to radiofrequency electromagnetic fields.[21] There is no reason to suppose that the situation is any different with regard to UMTS.

Hoofdstuk 4

Research on possible effects of DECT

It is becoming increasingly common for people who claim to suffer from health problems as a result of exposure to electromagnetic fields to identify DECT cordless indoor telephone systems as an additional source of these problems alongside the GSM and UMTS mobile telecommunications systems. In particular, this might be due to the fact that a DECT base station continuously emits a pulsed signal. One sometimes hears (incorrect) references to “100 very sharp pulses per second”.

In this chapter the Committee discusses the scientific knowledge regarding health effects of exposure to DECT signals. The chapter sets off with some short background information on DECT.

4.1 Technical information

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) is a modern digital standard for wireless telecommunications. As far as telephony is concerned, its area of application ranges from small domestic exchanges to large business exchanges. However, there are also DECT baby monitors and DECT headsets on the market.

A domestic exchange usually consists of a base station that is connected via a cable to the landline telephone network and either one or several telephone handsets. Wireless communication takes place exclusively between the telephones and the accompanying base station. Via the base station, it is also possible to

make a call from one handset to the other, which does not involve connecting to the landline telephone network.

Like GSM, DECT uses a time-divided transmission system. For the domestic exchanges, this means that the mobile telephones and the base stations do not transmit with a continuous signal, but in short pulses. The system operates at frequencies between 1880 MHz and 1900 MHz and there are 10 frequency channels with a bandwidth of 1.728 MHz. One frequency channel is always used per connection. DECT equipment transmits in "frames" of 10 milliseconds (ms), i.e. 100 frames per second, meaning that the pulse frequency is 100 hertz (Hz). If several channels are in use simultaneously (for several connections), the pulse frequency changes.

Each frame is subdivided into 24 time slots, half of which are used for communication from the base station to the handset (downlink*)*, and the other half for the reverse connection (uplink) – see figure 2. One time slot is used per connection. Since a frame is 10 ms long, the length of each time slot is 10 ms / 24 = 417 µs. 368 µs of this is used for the actual transmission, but no transmission takes place during the remaining 49 µs in order to prevent overlap of successive time slots. Thus transmission does not occur in the form of discrete pulses but via small packets of information.

The maximum power output of both the telephones and the domestic base stations is 250 mW. Because only one 10 ms time slot is used per connection, only 368 µs of which is actually transmitted, the maximum effective transmitted power of a telephone is 250 x 0.368 / 10 = 9.65 mW. A standard domestic base station can support a maximum of 8 handsets at any one time. In the majority of devices, one time slot is permanently in use for the transmission of a "beacon signal" 83 µs long, thus producing a power output of 250 x 0.083 / 10 = 2.1 mW. The effective transmitted power of a standard domestic base station therefore ranges from a minimum of 2.1 mW to a maximum of 79.3 mW (8 times 9.65 mW per time slot in which communication is taking place plus 2.1 mW for the beacon signal). Larger domestic and business exchanges can accommodate more channels, and therefore a greater power output.

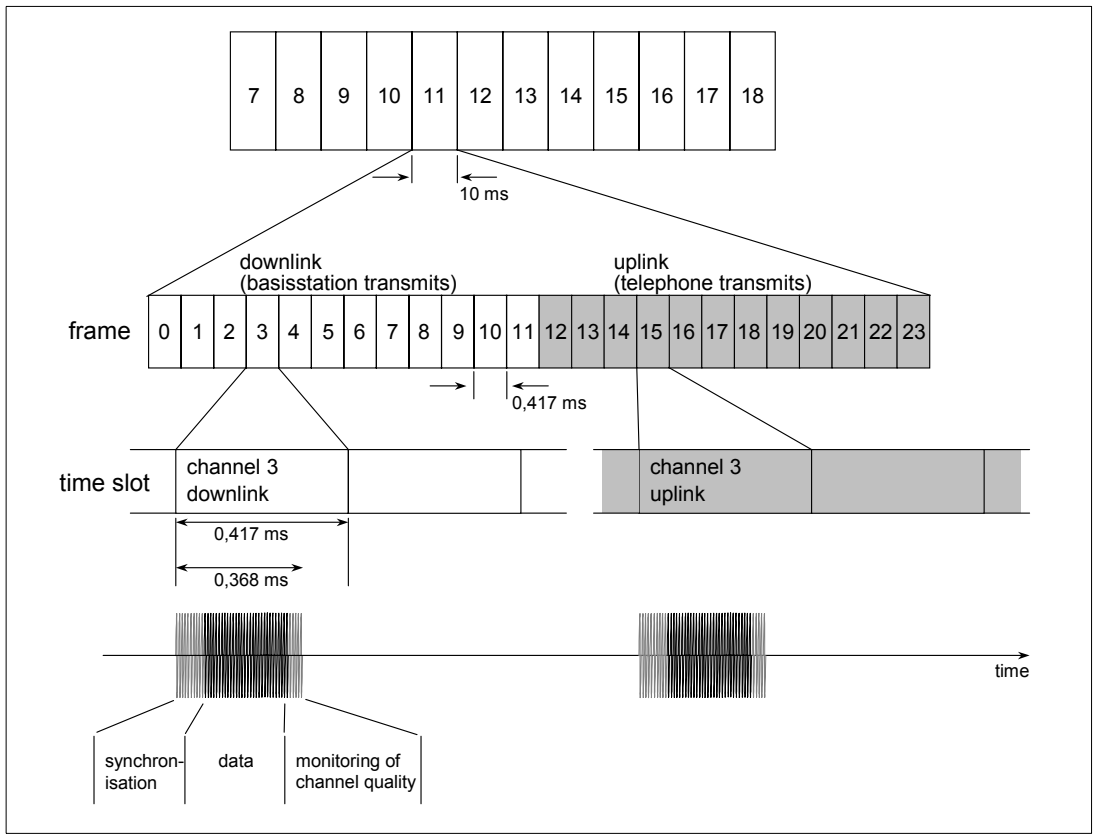


Figure 2 Schematic representation of a DECT signal using a single frequency channel (Source: adapted from Schmid *et al.* [45]).

4.2 Field strength measurements and calculations

Measurements have been performed on base stations and telephones for two types of DECT systems by Schmid *et al.*[45] and on three types of DECT base stations by Kühn *et al.*[30] Schmid *et al.* carried out the measurements for the situation in which a call was made via the base station by two telephones, i.e. two time slots were in use for the call information and one slot for the beacon signal. The Kühn *et al.* measurements were conducted with a single telephone connected plus the beacon signal.[30] These measurements show that a relatively high field strength arises within a very short distance (a few centimetres) of a base station while a call is being made, which approaches or even slightly exceeds the refer-

ence values specified by ICNIRP [26] (59.6–59.9 V/m)*. These measurements were performed in the near field** of the antenna, however, and the ICNIRP reference values cannot be applied in that situation as they relate to the far field. The field strength decreases sharply with increasing distance, and at a normal distance from the user (where the far-field situation applies) it is usually less than 1 V/m. Table 1 gives an overview of the measured values, taken from a graph in Kühn[30] and from Table 7.3 in Schmid.[45] These data have been converted for the use of a single telephone in order to allow for comparison with the Kühn data. The effective transmitted power of the base station is then 9.65 mW (call) + 2.1 mW (beacon) = 11.75 mW.

Table 1 Mean values of the field strength and power density for a DECT base station connected to a single telephone, based on field-strength measurements performed on 5 types of base station

Distance (cm)	Electrical field strength (V/m)[a]	Power density (W/m^2)
5	15–20[b]	[c]
10	3.5–8[b]	[c]
20	1.5–2.2	0.006–0.013
30	1.1–1.7	0.0032–0.0077
40	0.7–1.2	0.0013–0.0038
50	0.6–1.0	0.00095–0.0027
100	0.3–0.4	0.00024–0.00074
300	0.2	0.00011

[a] ICNIRP reference values: 59.6–59.9 V/m.
[b] Measurements in the near field; comparison with reference values not relevant.
[c] Measurements in the near field; power density cannot be calculated.

* The exposure limits proposed by ICNIRP distinguish between two types of limits.[26] The actual exposure limits are termed "basic restrictions". These are values for variables that relate directly to processes that can lead to adverse health effects in an exposed individual. For the radio frequencies used by DECT systems, the Specific Absorption Rate (SAR) has been defined as the basic restriction. The relevant biological effect is tissue heating. The SAR is a measure of the speed at which electromagnetic energy is absorbed into the body and is therefore a measure of the conversion of this energy into heat and therefore of the heating effect. In practice, the SAR is difficult to measure directly and therefore the so-called reference levels have been derived from the basic restrictions. These are values for the electrical and magnetic field that is present at the site of the exposure in the absence of the exposed object. These field strengths are relatively easy to measure. The reference levels are an aid to determining whether the actual exposure limits, the basic restrictions, are being complied with.

** The electromagnetic field in the vicinity of a source can be differentiated into the near field and the far field. In the far field, the electrical and magnetic components of the field are perpendicular to each other and to the direction of propagation of the field. Under these conditions, the propagation of energy is called radiation. The field strength decreases proportionally with distance from the source. In the near field, the link between the electrical and magnetic field is more complex than in the far field. The field strengths in the near field are therefore more difficult to calculate than in the far field. On average, they decrease more sharply than inversely proportional to the distance from the source.

Because there is a linear correlation between the power density and the effective transmitted power, one can calculate what the power density and the corresponding electrical field strength are for the stand-by situation whereby only the beacon signal is transmitted. The power density is then multiplied by a factor of 2.1 / 11.75 = 0.179.

Table 2 Mean values of the field strength and power density in a DECT base station in stand-by mode, calculated from the data in Table 1.

Distance (cm)	Electrical field strength (V/m)	Power density (W/m^2)
5	6.3–8.4[a]	
10	1.5–3.4[a]	
20	0.63–0.92	0.0011–0.0023
30	0.47–0.72	0.00058–0.0014
40	0.30–0.51	0.00023–0.00068
50	0.25–0.42	0.00017–0.00048
100	0.13–0.17	0.000043–0.000076
300	0.08	0.000019

[a] Extrapolated.

Based on the available technical specifications concerning DECT baby monitors, it appears that these continuously exchange signals between the baby unit and the parent unit. No data are available with regard to the resultant field strength or the field strength generated when sounds are being transmitted.

4.3 Attenuation

DECT signals are, to some extent, attenuated by all kinds of materials, with floors and walls made from reinforced concrete being particularly effective in this respect. A number of examples are included in the table below.

Table 3 Attenuation of the field strength of DECT signals by different materials.

Material	Attenuation (dB)	Attenuation (%)
Glass	2	21
Wall	3-17	29–86
Floor	14-55	80–99.8

A DECT base station that is located against the wall between two dwellings also gives rise to an electromagnetic field in the adjoining dwelling. The strength of this field depends on the attenuating effect of the wall, and this will vary according to the structure of the building. In the case of a wall made of reinforced concrete, the attenuation of the field strength is more than 80%. Due to the thickness

of the wall, the minimum distance between someone in the adjoining dwelling and the base station will always be such as to prevent the ICNIRP reference value being exceeded. When no call is being made via the base station, the field strength that is generated in the adjoining dwelling will always be less than 1 V/m.

4.4 Determination of the absorbed power

Kühn *et al.* have also performed SAR measurements on four types of DECT telephones.[30] The maximum SAR values (averaged over 10 g tissue) ranged from 0.019 to 0.052 W/kg. The ICNIRP limit value for such local exposure is 2 W/kg.

The field strengths at some distance from the base stations, in the far field, are well below the ICNIRP reference values, which also means that the basic restriction (an average, whole-body SAR of 0.08 W/kg) is not exceeded.

4.5 Results of studies into possible health effects

The concerns of the people who attribute their symptoms to the presence of DECT telephones in their environment are based on the assumption that a DECT signal is biologically effective.

4.5.1 Epidemiological research

The only studies to have explored a possible relationship between the use of a cordless telephone and health problems are a number of epidemiological studies into the occurrence of brain tumours, conducted by Hardell *et al.* in Sweden[15,16] and Schüz *et al.* in Germany.[47] The Schüz study is the only one to have specifically investigated the association with the use of DECT telephones and also looked at a possible association with the presence of DECT base stations. No experimental research has been performed into effects of DECT signals.

Schüz *et al.*[47] did not find that the presence of a DECT base station beside the bed (and therefore continuous exposure to the EM field caused by the beacon signal during the night) had any effect on the occurrence of brain tumours. However, due to the small numbers involved*, they were only able to look at the presence of the base station (and therefore exposure at night) and could not make an

* A distinction was drawn between the definite and the possible presence of a DECT system, and between the occurrence of two types of brain tumour: menigiomas and gliomas. Only 3-5 patients and 10-13 controls were found for each category.

adjustment for the use of a DECT and/or mobile telephone (sources of daytime exposure). As the researchers themselves concede, this study is therefore of only limited scientific value. The Committee feels that the researchers are going too far in viewing this data as the first indication that continuous exposure to low-level EM fields in the living environment does not lead to an increase in the risk of brain tumours.

Schüz *et al.* have also analysed the same material with regard to the use of mobile or cordless telephones, including DECT.[47] Although the question as to whether people were using a DECT or an older type of (analog) cordless telephone was, in fact, asked, no distinction was made between these types in the analysis. The use of a cordless telephone did not correlate with the occurrence of brain tumours – not even in the sub-group that had already been using a cordless telephone for more than five years.

The robustness of this study is also limited, however. This is because the actual exposure was not measured or estimated, because the follow-up time did not extend beyond "5 years or longer", because the use of a cordless telephone only was not ascertained (most users of a cordless telephone will also use a mobile telephone), and because there was a difference in the percentages of participants from the patient and control groups, respectively. It is therefore not possible to draw any conclusions from this study about possible effects of exposure to a DECT signal.

According to Hardell *et al*., their results do, in fact, point to an association between the use of a cordless telephone and the occurrence of brain tumours.[15,16] These studies monitored usage over a prolonged period (more than 10 years), but no distinction was made between the use of analog and digital (DECT) telephones.

Although the researchers report having discovered an increased risk of brain tumours associated with the use of a cordless telephone, it is hard to surmise this from the published material. A relative risk of 1.3 (95% confidence interval = 0.99-1.7) is given for the sub-group "users of a cordless telephone only".[16] The increase in risk is therefore not statistically significant. Moreover, the length of the period of use and the extent of use (and thus the degree of exposure) were not taken into consideration.

The Committee considers it likely that those individuals who use a cordless telephone for the longest period have, in any case, initially had an analog handset. It is not possible, therefore, based on this study, to draw any conclusions about the possible impact of DECT on the occurrence of brain tumours.

4.5.2 *Experimental research*

The available epidemiological studies do not provide any information on possible health effects of DECT exposure. The question then arises as to whether it may perhaps be possible (either based on theoretical considerations or through extrapolation of data obtained using other, similar sources) to draw any conclusions about the possible impact of a DECT signal on health. The most obvious alternative source is GSM, and more specifically the GSM 1800 MHz signal. The carrier frequency of these systems approximates that of DECT (1880–1900 MHz) and it is also a pulsed signal that works according to the same technical protocol – provided that a pulse frequency of 217 Hz is used, rather than 100 Hz as in the case of DECT. In both systems, the information is transmitted by modulating the carrier frequency in each pulse. This is achieved by means of phase shifts in the carrier frequency, with the amplitude and the frequency themselves remaining the same.

There are several studies – both with *in vitro* cell cultures and experimental studies in human beings – in which exposure to a pulsed GSM signal resulted in a stronger effect than with exposure to a similar, but continuous, signal. The majority of these studies have, however, been performed with exposure to 900 MHz GSM signals and are therefore less readily comparable with a study involving DECT signals. The Committee will nevertheless consider these studies. On the other hand, there are also several studies – including both *in vitro* research and studies with animals and human subjects – in which no difference has been found between effects of exposure to pulsed and continuous radiofrequency fields.

Studies on brain activity

Huber *et al.* exposed study participants to a normal (pulsed) 900 MHz GSM signal, an unmodulated 900 MHz signal or a sham signal for 30 minutes.[24] Brain activity increased during and after exposure (in the form of an increase in the strength of the so-called alpha waves: electrical activity with frequencies of 8-13 Hz) when subjects were exposed to the (pulsed) GSM signal, but this did not happen in the case of exposure to the continuous signal or sham exposure. In other studies too, pulsed EM fields have been found to have an impact, though no comparisons have been made with a continuous signal.[5-7,25,29,32]

Krause *et al.* studied EEG responses in children during a memory task both with and without exposure to a (pulsed) 900 MHz GSM signal.[29] They discov-

ered changes of between 5 and 10% in certain brain activities. In earlier research, however, these researchers had found that exposing children in the same age range to a 900 MHz GSM signal had no effect on various cognitive functions.[13] The effects on brain activity would therefore appear to have no implications with regard to brain function. There are also several studies in which a GSM signal has been found to have no bearing on brain functions.[14,51]

Research into on effects on thermoregulation

Research into thermoregulation has not found pulsed signals to be either more or less effective than continuous signals.[1,10,11] These studies have, however, been performed with signals other than those from a mobile telephone.

Studies on carcinogenesis

Two studies into carcinogenesis failed to identify any effect either from continuous, or pulsed RF fields.[23,54]

In vitro research

Various *in vitro* studies have been conducted with a view to investigating differences in effects of pulsed and continuous radiofrequency fields. Several authors failed to detect any differences in human white blood cells between the two modalities at SAR values of up to 10 W/kg.[34-37,52]

Research into cellular stress effects and intracellular calcium levels has identified no difference between reactions to continuous and GSM-modulated signals in human leukaemia cells or normal white blood cells.[4,31,33,48]

Finally, a study has been conducted on the release of melatonin from isolated pineal glands of hamsters following exposure either to a continuous or to a GSM-modulated 1800-MHz signal at various SARs.[49] Both types of signal increased melatonin release at 0.8 W/kg, but at 2.7 W/kg the researchers discovered an increase in melatonin levels with the continuous signal and a reduction with the GSM signal. It is possible that temperature effects may have played a role at 2.7 W/kg.

4.6 Conclusions

Normal use of DECT does not lead to exceeding of exposure limits

The field strength caused by DECT base stations varies depending on whether or not a call is being made, on the distance between the exposed individual and the base station, and on possible attenuation of the signal. Even when no call is being made, the base station still continuously emits a weak signal (the "beacon signal"). The exposure limits are not exceeded, however. When a DECT telephone is used, exposure always remains well below the exposure limit.

No indications for a possible association between DECT and brain tumours

There are only two known epidemiological studies in which the occurrence of brain tumours has been investigated in relation to exposure to DECT signals. Only small numbers of patients have been identified in both studies and actual exposure has not been measured. Consequently no conclusions can be drawn on the basis of this data with regard to the possible impact of DECT on the occurrence of brain tumours.

Adverse health effects of DECT signals are unlikely

In a few studies it has been observed that (pulsed) signals from a GSM telephone can have some effect on certain brain activities, whereas the effect of a comparable non-pulsed signal was less marked. However, other data indicate that GSM signals have no effect on learning processes. No evidence of other health effects has been discovered in research with volunteers.

Research with experimental animals and cell cultures has not shown any difference in the effectiveness of pulsed and non-pulsed electromagnetic fields – in fact neither of these two field types produced an effect in the majority of studies.

Based on these data and on the lack of any evidence of a mechanism that might explain increased effectiveness of pulsed fields [8], the conclusion to be drawn is that there are no indications and that it is unlikely that DECT signals have an adverse impact on health upon exposure below the limit values.

References

1 Adair, ER, Mylacraine, KS, and Cobb, BL. Partial-body exposure of human volunteers to 2450 MHz pulsed or CW fields provokes similar thermoregulatory responses. Bioelectromagnetics, 2001; 22(4): 246-259.

2 Boer, L. Taskomat: evaluation of a computerized test battery. Int J Select Assessm, 1995; 3(2): 105-114.

3 Bulpitt, CJ and Fletcher, AE. The measurement of quality of life in hypertensive patients: a practical approach. Br J Clin Pharmacol, 1990; 30(3): 353-364.

4 Cranfield, CG, Wood, AW, Anderson, V, *et al*. Effects of mobile phone type signals on calcium levels within human leukaemic T-cells (Jurkat cells). Int J Radiat Biol, 2001; 77(12): 1207-1217.

5 Croft, RJ, Chandler, JS, Burgess, AP, *et al*. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. Clin Neurophysiol, 2002; 113(10): 1623-1632.

6 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.

7 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.

8 Foster, KR and Repacholi, MH. Biological effects of radiofrequency fields: does modulation matter? Radiat Res, 2004; 162(2): 219-225.

9 Franke, H, Streckert, J, Bitz, A, *et al*. Effects of Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) electromagnetic fields on the blood-brain barrier in vitro. Radiat Res, 2005; 164(3): 258-269.

10 Frei, MR, Jauchem, JR, and Heinmets, F. Thermoregulatory responses of rats exposed to 9.3-GHz radiofrequency radiation. Radiat Environ Biophys, 1989; 28(1): 67-77.

11 Frei, MR, Jauchem, JR, and Padilla, JM. Thermal and physiological changes in rats exposed to CW and pulsed 2.8 GHz radiofrequency radiation in E and H orientations. Int J Radiat Biol, 1989; 56(6): 1033-1044.

12 Grob, A. Subjective well-being and significant life-events across the life-span. Swiss J Psychol, 1995; 54: 3-18.

13 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.

14 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.

15 Hardell, L, Carlberg, M, and Hansson Mild, K. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign brain tumours diagnosed during 1997-2003. Int J Oncol, 2006; 28(2): 509-518.

16 Hardell, L, Carlberg, M, and Hansson Mild, K. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. Int Arch Occup Environ Health, 2006.

17 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.

18 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Mobile telephones. A health-based analysis. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2002; publication nr 2002/01E.

19 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.

20 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.

21 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.

22 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.

23 Heikkinen, P, Kosma, VM, Hongisto, T, *et al*. Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. Radiat Res, 2001; 156(6): 775-785.

24 Huber, R, Treyer, V, Borbely, 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.

25 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.

26 ICNIRP - International Commission on Non-ionising Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). Health Phys, 1998; 74(4): 494-522.

27 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.

28 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.

29 Krause, CM, Bjornberg, 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.

30 Kühn, S, Lott, U, Kramer, A, and Kuster, N. Assessment of human exposure to electromagnetic radiation from wireless devices in home and office environments. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/bsw_kuster.pdf. Assessed 11-8-2006.

31 Lantow, M, Schuderer, J, Hartwig, C, *et al*. Free radical release and HSP70 expression in two human immune-relevant cell lines after exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation. Radiat Res, 2006; 165(1): 88-94.

32 Lebedeva, NN, Sulimov, AV, Sulimova, OP, *et al*. Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones. Crit Rev Biomed Eng, 2001; 29(1): 125-133.

33 Lim, HB, Cook, GG, Barker, AT, *et al*. Effect of 900 MHz electromagnetic fields on nonthermal induction of heat-shock proteins in human leukocytes. Radiat Res, 2005; 163(1): 45-52.

34 Maes, A, Collier, M, and Verschaeve, L. Cytogenetic effects of 900 MHz (GSM) microwaves on human lymphocytes. Bioelectromagnetics, 2001; 22(2): 91-96.

35 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, *et al*. DNA damage in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field. Radiat Res, 2002; 158(4): 534-537.

36 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, *et al*. No evidence for genotoxic effects from 24 h exposure of human leukocytes to 1.9 GHz radiofrequency fields. Radiat Res, 2003; 159(5): 693-697.

37 McNamee, JP, Bellier, PV, Gajda, GB, *et al*. DNA damage and micronucleus induction in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz continuous-wave radiofrequency field. Radiat Res, 2002; 158(4): 523-533.

38 Müller, B and Basler, HD. Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB). Weinheim, Germany: Beltz, 1993.

39 Ndoumbe Mbonjo Mbonjo, H, Streckert, J, Bitz, A, *et al*. Generic UMTS test signal for RF bioelectromagnetic studies. Bioelectromagnetics, 2004; 25(6): 415-425.

40 Preece, AW, Iwi, G, Davies, SA, *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.

41 Preece, AW, Wesnes, KA, and Iwi, GR. The effect of a 50 Hz magnetic field on cognitive function in humans. Int J Radiat Biol, 1998; 74(4): 463-470.

42 Pruppers, MJM, van Kamp, I, Bolte, JFB, *et al*. Blootstelling aan elektromagnetische velden van UMTS basisstations: welbevinden en cognitieve functies. Beoordeling van het 'Zwitserse onderzoek'. Bilthoven: RIVM, 2006; RIVM/LSO briefrapport 255/06 (in Dutch).

43 Regel, SJ, Negovetic, S, Roosli, M, *et al*. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. Environ Health Perspect, 2006; 114(8): 1270-1275.

44 Rubin, GJ, Munshi, JD, and Wessely, S. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. Psychosom Med, 2005; 67(2): 224-232.

45 Schmid, G, Lager, D, Preiner, P, *et al*. Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro. Seibersdorf: ARC Seibersdorf research GmbH, 2005; report nr ARC-IT-0126 (in German).

46 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.

47 Schüz, J, Bohler, E, Schlehofer, B, *et al*. Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). Radiat Res, 2006; 166(1 Pt 1): 116-119.

48 Simko, M, Hartwig, C, Lantow, M, *et al*. Hsp70 expression and free radical release after exposure to non-thermal radio-frequency electromagnetic fields and ultrafine particles in human Mono Mac 6 cells. Toxicol Lett, 2006; 161(1): 73-82.

49 Sukhotina, I, Streckert, JR, Bitz, AK, *et al*. 1800 MHz electromagnetic field effects on melatonin release from isolated pineal glands. J Pineal Res, 2006; 40(1): 86-91.

50 Tukey, JW, Ciminera, JL, and Heyse, JF. Testing the statistical certainty of a response to increasing doses of a drug. Biometrics, 1985; 41(1): 295-301.

51 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.

52 Zeni, O, Chiavoni, AS, Sannino, A, *et al*. Lack of genotoxic effects (micronucleus induction) in human lymphocytes exposed in vitro to 900 MHz electromagnetic fields. Radiat Res, 2003; 160(2): 152-158.

53 ZonMw. Program Proposal Electromagnetic Fields and Health Research Program. Internet: http://www.zonmw.nl/fileadmin/cm/preventie/documenten/EMV_G/EMF_H_Programme_Proposal_3.4_01.pdf. Assessed 30-10-2006.

54 Zook, BC and Simmens, SJ. The effects of 860 MHz radiofrequency radiation on the induction or promotion of brain tumors and other neoplasms in rats. Radiat Res, 2001; 155(4): 572-583.

55 Zwamborn, APM, Vossen, SHJA, Leersum, Bv, *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.

A The Committee

Annex

Annex **A**

The Committee

The membership of the Electromagnetic Fields Committee at the time of the writing 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 Communications (emeritus); Eindhoven University of Technology
- Dr. J. Havenaar
  psychiatrist; Buitenamstel Mental Health Service (GGZ), Amsterdam
- Prof. H. Kromhout
  professor of Occupational Hygiene and Exposure Assessment, Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University
- 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
- Dr. M.M. Sitskoorn
  neuropsychologist/cognitive scientist; University Medical Centre, Utrecht

- Prof. W.J. Wadman
  professor of Neurobiology, University of Amsterdam
- D.H.J. van de Weerdt, MD
  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