
Langetermijneffecten van radiofrequente elektromagnetische velden

Beoordeling onderzoek D. Adang





Aan de minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Onderwerp : Aanbieding advies *Langetermijneffecten van radiofrequente
elektromagnetische velden; beoordeling onderzoek D. Adang*

Uw kenmerk : RB/2009043028

Ons kenmerk : I-181-09/EvR/pm/673-G2

Bijlagen : 1

Datum : 9 juni 2010

Geachte minister,

In juni 2008 zorgde het proefschrift 'An Epidemiological Study on Low-level 21-month Microwave Exposure of Rats' van dr. D. Adang uit België voor publiciteit, omdat uit het onderzoek zou blijken dat langdurige blootstelling van ratten aan radiofrequente elektromagnetische velden een verkorting van de levensduur tot gevolg zou hebben. Dit leidde tot vragen in de Tweede Kamer of aangetoond was dat ratten eerder overlijden door blootstelling aan GSM-straling. Naar aanleiding van deze vragen en omdat er maatschappelijk veel belangstelling is voor het onderwerp, deed uw ambtsvoorganger in een brief van 2 juli 2009 de Gezondheidsraad het verzoek om een reactie te geven op dit onderzoek.

De commissie Elektromagnetische velden van de raad heeft het proefschrift, en een intussen verschenen wetenschappelijke publicatie over het onderzoek, nauwgezet bestudeerd. Adang concludeert dat er effecten zijn van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op het bloedbeeld en op de overleving. De commissie constateert dat, als gevolg van diverse onvolkomenheden in de uitvoering van het onderzoek en in de statistische analyse van de gegevens, deze conclusies wetenschappelijk niet houdbaar zijn. In eerdere adviezen kwam de commissie op grond van de stand van wetenschap tot de slotsom dat er geen oorzakelijk verband is aangetoond

Bezoekadres
Parnassusplein 5
2511 VX Den Haag
Telefoon (070) 340 75 20
E-mail: e.van.rongen@gr.nl

Postadres
Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefax (070) 340 75 23
www.gr.nl

Gezondheidsraad

Health Council of the Netherlands



Onderwerp : Aanbieding advies *Langetermijneffecten van radiofrequente elektromagnetische velden; beoordeling onderzoek D. Adang*

Ons kenmerk : I-181-09/EvR/pm/673-G2

Pagina : 2

Datum : 9 juni 2010

tussen gezondheidsproblemen en blootstelling aan de elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons of basisstations voor mobiele telefonie. Het onderzoek van Adang geeft haar geen reden deze conclusie te herzien.

Met vriendelijke groet,

prof. dr. ir. D. Kromhout
waarnemend voorzitter Gezondheidsraad

Bezoekadres
Parnassusplein 5
2511 VX Den Haag
Telefoon (070) 340 75 20
E-mail: e.van.rongen@gr.nl

Postadres
Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefax (070) 340 75 23
www.gr.nl

Langetermijneffecten van radiofrequente elektromagnetische velden

Beoordeling onderzoek D. Adang

aan:

de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Economische Zaken

de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Nr. 2010/09, Den Haag, 9 juni 2010

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

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

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



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



INAHTA

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

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

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Langetermijneffecten van radiofrequente elektromagnetische velden. Beoordeling onderzoek D. Adang. Den Haag: Gezondheidsraad, 2010; publicatienr. 2010/09.

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

ISBN: 978-90-5549-807-9

Inhoud

Samenvatting *11*

Summary *15*

1 Inleiding *19*

2 Opzet en uitvoering van het onderzoek *21*

2.1 Opzet van het onderzoek *21*

2.2 Blootstelling *22*

2.3 Gedrag *24*

2.4 Bloedonderzoek *24*

2.5 Mortaliteit en histopathologie *24*

2.6 Statistische analyses *24*

3 Resultaten van het onderzoek en commentaar van de commissie *27*

3.1 Dosimetrie *27*

3.2 Gedrag *28*

3.3 Bloedonderzoek *28*

3.4 Mortaliteit *30*

3.5 Histopathologie *33*

4	Conclusies	35
4.1	Onvolkomenheden van het onderzoek	35
4.2	Beantwoording vragen adviesaanvraag	37

Literatuur 39

	Bijlagen	43
A	De adviesaanvraag	45
B	De commissie	47
C	De bloedanalyse	49
D	Gegevens onderzoeken langetermijn blootstelling	55

Samenvatting

Op verzoek van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer geeft de Commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad in dit advies een oordeel over de resultaten van een onderzoek dat is beschreven in het proefschrift van dr. D. Adang, getiteld 'An Epidemiological Study on Low-level 21-month Microwave Exposure of Rats'. Zij heeft hierbij ook de wetenschappelijke publicatie betrokken die intussen over het onderzoek is verschenen. In dit onderzoek heeft Adang de effecten bestudeerd van langdurige blootstelling van ratten, gedurende 21 maanden, 2 uur per dag, 7 dagen per week, aan drie typen radiofrequente elektromagnetische velden: een 970 MHz GSM-achtig signaal, een 970 MHz signaal zonder de voor GSM kenmerkende pulsen, en een 9,70 GHz signaal; daarnaast was er een groep die gesimuleerd werd blootgesteld, dat wil zeggen: alle omstandigheden waren gelijk aan die in de overige groepen, met uitzondering van de blootstelling. De blootstellingsniveaus waren ongeveer gelijk aan het voor de algemene bevolking maximaal toelaatbare niveau bij continue blootstelling.

De commissie komt tot de conclusie dat de vraagstelling van het onderzoek interessant en relevant is, maar dat het onderzoek methodologische gebreken kent en dat de analyse van de gegevens meerdere onvolkomenheden bevat.

Generatorstoring niet gerapporteerd

Het feit dat de 9,70 GHz-generator na circa zes maanden kapot ging en de consequentie daarvan dat de desbetreffende groep dieren niet verder is blootgesteld, wordt in het proefschrift slechts summier vermeld. In de analyse van de gegevens en de bijbehorende conclusies wordt hiervan in het geheel geen melding gemaakt, evenmin als in de wetenschappelijke publicatie; aangezien de generatorstoring de oorspronkelijke opzet van het experiment aantast, is er volgens de commissie sprake van een ernstige omissie.

Geen duidelijke effecten op bloedbeeld

De commissie kan de conclusies van Adang dat er duidelijke effecten op het bloedbeeld zijn gevonden, niet onderschrijven. Voor zover er tussen de gesimuleerd en echt blootgestelde groepen voor bepaalde parameters en op bepaalde tijdstippen significante verschillen gevonden zijn, geven deze geen duidelijk patroon te zien. In het proefschrift ontbreekt een tijdsanalyse van deze gegevens. Een door de commissie uitgevoerde grafische tijdsanalyse levert geen eenduidige verschillen op. Adang heeft bij het analyseren van de bloedgegevens niet de meest aangewezen statistische analysemethode gebruikt.

De commissie heeft een literatuuronderzoek uitgevoerd naar vergelijkbare experimenten. De gegevens uit deze onderzoeken geven geen onderbouwing aan de conclusie van Adang dat er effecten op het bloedbeeld zijn.

Gedragsexperimenten te beperkt

Adang heeft ook gedragsexperimenten uitgevoerd, echter alleen aan de groep die werd blootgesteld aan het 970 MHz GSM-achtige signaal. Ze zijn onvoldoende uitgewerkt om conclusies te kunnen trekken over effecten van die blootstelling op het gedrag.

Analyse overlevingsgegevens onvolledig

Adang heeft, tot slot, de overleving in de verschillende groepen onderzocht. De commissie vindt dat ook hier de analyse die Adang heeft uitgevoerd onjuist en onvolledig is. Adang had de overlevingsgegevens moeten analyseren over de gehele periode van 32 weken die de dieren zijn gevolgd, en niet slechts tot 28 weken. De conclusie van Adang dat er een effect is op de overleving van bloot-

stelling aan een 9,70 GHz elektromagnetisch veld is niet terecht: een op verzoek van de commissie uitgevoerde analyse die vergelijkbaar is met die van Adang, maar waarin de overlevingsgegevens tot 32 weken zijn meegenomen, laat geen statistisch significante verschillen tussen de vier groepen zien.

Histopathologische analyse is slechts aan enkele dieren verricht en heeft alleen illustratieve waarde.

De gegevens uit een geactualiseerd literatuuronderzoek leveren ten slotte ook geen ondersteuning aan de hypothese dat er een effect van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de overleving zou kunnen zijn.

Geen gezondheidsproblemen door blootstelling

In eerdere adviezen concludeerde de commissie op grond van de stand van wetenschap dat geen oorzakelijk verband tussen gezondheidsproblemen en blootstelling aan de elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons of basisstations voor mobiele telefonie is aangetoond. De in dit advies beschreven evaluatie van het onderzoek van Adang en de door de commissie verzamelde actuele gegevens uit de literatuur geven haar geen reden om deze conclusie bij te stellen.

Summary

Health Council of the Netherlands. Long-term effects of radiofrequency electromagnetic fields. Assessment of the study of D. Adang. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2010; publication no. 2010/09.

At the request of the Minister for Housing, Spatial Planning and the Environment, the Electromagnetic Fields Committee of the Health Council of the Netherlands in this advisory report presents an assessment of the results of a study described in the thesis of Dr D. Adang, entitled 'An Epidemiological Study on Low-level 21-month Microwave Exposure of Rats'. In doing so, it has also considered the scientific publication that has been published on the research in the meantime. In this study, Adang investigated the effects of long-term exposure of rats, for 21 months, two hours a day, seven days a week, to three types of radiofrequency electromagnetic fields: a 970 MHz GSM-like signal, a 970 MHz signal without the pulses characteristic of GSM, and a 9.70 GHz signal; there was also a group that was sham-exposed, in other words: all circumstances were identical to those in the other groups, with the exception of the exposure. The exposure levels were approximately equal to that of the maximum permissible level for the general population for continuous exposure.

The Committee has come to the conclusion that the hypothesis of the research is interesting and relevant, but that the research suffers from methodological deficiencies and the analysis of the data contains several flaws.

Generator breakdown not reported

The fact that the 9.70 GHz generator failed after around six months and that consequently the group of animals concerned was not further exposed, are only described very summarily in the thesis. No mention whatsoever is made of this in the analysis of the data or the associated conclusions, nor in the scientific publication. Given the fact that the generator breakdown impacted the original aim of the experiment, the Committee considers this to be a serious omission.

No obvious effects on blood picture

The Committee cannot endorse Adang's conclusions that clear effects on the blood picture were found. Insofar as significant differences were found between the sham-exposed and the actually exposed groups for certain parameters and at certain times, these do not present any clear pattern. There is no time analysis of these data in the thesis. A graphical analysis carried out by the Committee did not reveal any unequivocal differences. In analysing the blood data, Adang did not use the most appropriate statistical analysis method.

The Committee conducted a literature study of similar experiments. The data in these studies do not support Adang's conclusions that there are effects on the blood picture.

Behavioural experiments too limited

Adang also carried out behavioural experiments, but only on the group that was exposed to the 970 MHz GSM-like signal. These experiments are insufficiently detailed to allow conclusions to be drawn about the effects of exposure on behaviour.

Analysis of survival data incomplete

Finally, Adang investigated survival in the different groups. The Committee takes the view that here, too, the analysis Adang carried out is incorrect and incomplete. Adang ought to have analysed the survival data over the entire period of 32 weeks for which the animals were studied, and not only over 28 weeks. Adang's conclusion that exposure to a 9.70 GHz electromagnetic field has an effect on survival is incorrect: an analysis carried out on the Committee's request, comparable to Adang's, but in which the survival data to 32 weeks are

included, does not demonstrate any statistically significant differences between any of the four groups.

Histopathological analysis was only conducted on a few animals and has merely illustrative value.

Finally, the data from an updated literature study offer no support to the hypothesis that long-term exposure to radiofrequency electromagnetic fields might have an effect on survival.

No health problems due to exposure

In earlier reports, the Committee concluded on the basis of the current state of scientific development that no causal link between health problems and exposure to the electromagnetic fields originating from mobile phones or base stations for mobile telephony has been demonstrated. The evaluation of Adang's research described in this report and the current data assembled from the literature by the Committee do not give it cause for modifying its conclusion.

Inleiding

Op 2 juli 2009 stuurde de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu de Gezondheidsraad een brief met daarin het verzoek om een advies uit te brengen over het proefschrift van dr. D. Adang: 'An Epidemiological Study on Low-level 21-month Microwave Exposure of Rats'.¹ Aanleiding voor dit verzoek waren vragen uit de Tweede Kamer of uit dit onderzoek zou blijken dat raten eerder dan normaal overlijden bij blootstelling aan GSM-straling.

De minister verzocht de Gezondheidsraad antwoord te geven op de volgende vragen:

- Kunt u een reactie geven met betrekking tot het aangehaalde onderzoek?
- Verwacht u dat de resultaten van dit onderzoek aanleiding zullen geven om uw eerdere conclusies met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van mobiele telefonie bij te stellen?

De tekst van de volledige adviesaanvraag is te vinden in bijlage A. De vicevoorzitter van de Gezondheidsraad heeft de commissie Elektromagnetische velden verzocht de vragen te beantwoorden. De samenstelling van de commissie staat in bijlage B. De bevindingen van de commissie zijn vastgelegd in dit advies.

Adang heeft een deel van zijn onderzoeksbevindingen ook gepubliceerd in een wetenschappelijk artikel, dat is verschenen nadat de adviesaanvraag is ontvangen.² De commissie heeft dit artikel in haar beoordeling meegenomen.

Op voorhand wil de commissie benadrukken wat zij al diverse malen eerder heeft gesteld, laatstelijk in het Jaarbericht Elektromagnetische velden 2008, dat zij haar conclusies baseert op alle wetenschappelijke informatie die haar over een bepaald onderwerp ter beschikking staat, en dat één nieuw, maar vergelijkbaar onderzoek de resultaten van de *weight of evidence*-analyse zelden sterk zal veranderen wanneer er al – zoals bij elektromagnetische velden – sprake is van een grote hoeveelheid gegevens. ‘Zelden’, maar niet ‘nooit’; bij een echt vernieuwend onderzoek is zo’n verandering immers wel mogelijk.

De commissie geeft in dit advies eerst een kort overzicht van de opzet en uitvoering van het onderzoek van Adang. Vervolgens geeft zij een overzicht van de resultaten en gaat zij dieper in op de twee belangrijkste eindpunten van het onderzoek: de analyse van 1) diverse parameters uit het bloed en 2) van het sterfepatroon. Zij vergelijkt beide eindpunten met de uit de literatuur bekende gegevens. Tot slot formuleert de commissie haar conclusies en geeft zij antwoord op de vragen uit de adviesaanvraag.

Opzet en uitvoering van het onderzoek

2.1 Opzet van het onderzoek

Het proefschrift en de wetenschappelijke publicatie beschrijven een langetermijn onderzoek aan ratten: de opzet was om de dieren gedurende 21 maanden dagelijks gedurende enkele uren bloot te stellen aan veldsterktes zoals die in de woon- en werkomgeving voor kunnen komen als gevolg van de aanwezigheid van antennes voor telecommunicatie. Hierbij is het maximale niveau gekozen dat volgens de huidige richtlijnen bij continue blootstelling van de algemene bevolking acceptabel is. Andere blootstellingsniveaus zijn niet onderzocht.

De gebruikte mannelijke albino Wistar-ratten werden willekeurig verdeeld in 4 groepen van elk 31 dieren. Elke groep onderging 1 van 4 verschillende vormen van behandeling (zie de volgende paragraaf).

Gedurende de looptijd van het onderzoek werd om de paar maanden bloed afgenomen en onderzocht. Vijftien maanden na het begin van de blootstelling werd het gedrag van de dieren onderzocht, terwijl in een apart experiment na 2 maanden gedragsveranderingen werden bestudeerd. Gedurende de gehele looptijd van het onderzoek werd de sterfte geregistreerd. Na de blootstellingsperiode van 21 maanden zijn de overlevende dieren nog 3 maanden gevolgd en vervolgens geëuthanaseerd. De overleden of geëuthanaseerde dieren zijn geconserveerd voor histopathologisch onderzoek.

2.2 Blootstelling

Blootstelling vond plaats aan drie verschillende typen elektromagnetische velden; daarnaast was er een controlegroep die een gesimuleerde blootstelling onderging:

- 970 MHz ongemoduleerd (970 MHz-continu)
- 970 MHz puls gemoduleerd (970 MHz-gepulst); dit signaal lijkt op het signaal dat gebruikt wordt bij bepaalde vormen van mobiele telefonie (GSM 900 MHz)
- 9,70 GHz ongemoduleerd (9,70 GHz-continu)
- *sham* (gesimuleerde blootstelling: identieke behandeling en omstandigheden als bij blootstelling, alleen de daadwerkelijke blootstelling ontbreekt).

Een controlegroep waarbij ook de handelingen rondom het blootstellen niet zijn uitgevoerd (*cage control*) ontbreekt in het onderzoek.

De dieren werden gedurende 21 maanden, 2 uur per dag, 7 dagen per week blootgesteld. Echter: de blootstelling aan het 9,70 GHz continu signaal vond slechts gedurende zo'n 6 maanden plaats. In de analyse van de gegevens in het proefschrift wordt daar nauwelijks op gewezen en in de publicatie wordt er in het geheel geen melding van gemaakt. Op pagina 122 van het proefschrift schrijft de auteur: 'In the current of the sixth month of the exposure campaign, the amplifier connected to the 9.70-GHz microwave generator fell down'. De versterker kon niet meer worden gerepareerd, zodat de groep na de generatorstoring niet meer daadwerkelijk is blootgesteld.

Bij alle drie de signalen bevinden de ratten zich in een situatie die te vergelijken is met blootstelling aan signalen van antennes van mobiele telefoonsystemen, niet met blootstelling tijdens het gebruik van een mobiele telefoon. De dieren werden blootgesteld in zelfgeconstrueerde blootstellingskisten, waarbij de antenne, verlichting en ventilatie in het deksel waren aangebracht (zie figuur 1).

Adang heeft de blootstellingsniveaus gemeten in de blootstellingsopstellingen zonder de aanwezigheid van ratten. De veldsterktes op de bodem van de kisten waren in het middengedeelte redelijk homogeen; langs de randen waren de niveaus lager dan de veronderstelde veldsterkte. Een daadwerkelijke controle van de plaats waar de ratten zich tijdens de dagelijkse blootstellingssessies bevonden is niet uitgevoerd.



Figuur 1 Bovenste foto: overzicht van de blootstellingsopstellingen. In de binnenkant van het deksel van de voorste opstelling is een 970 MHz antenne te zien. Onderste foto: Buitenaanzicht van de 9,70 GHz- opstelling met de twee hoornantennes in het gesloten deksel. Bron: proefschrift Adang.¹

2.3 Gedrag

Er is in twee verschillende experimenten onderzoek gedaan naar het exploratiegedrag bij nieuwe en bekende voorwerpen.

Ten eerste is apart van het hoofdonderzoek een gedragsexperiment uitgevoerd waarin twee groepen van 32 dieren 2 maanden lang gedurende 5 dagen per week en 2 uur per dag werden blootgesteld aan dezelfde veldsterkte als in het hoofdexperiment.

Daarnaast is bij twee groepen uit het hoofdexperiment – *sham* en 970 MHz-gepulst – het gedrag onderzocht na 15 maanden blootstelling, 2 uur per dag en 7 dagen per week.

2.4 Bloedonderzoek

Er is in totaal 6 maal bloed afgenomen gedurende de 21 maanden dat er blootstelling plaatsvond: aan het begin van de blootstellingsperiode en na 3, 8, 11, 14 en 18 maanden.

Adang heeft in het bloed de aantallen rode bloedcellen (erythrocyten) en witte bloedcellen (leukocyten) bepaald, en tevens de aantallen van twee specifieke typen leukocyten: monocyten en eosinofielen. Verder is het hemoglobinegehalte bepaald.

In het bloed zijn ook de concentraties bepaald van twee stressgeïnduceerde hormonen: adrenocorticotroop hormoon (ACTH) en corticosteron.

2.5 Mortaliteit en histopathologie

De sterfte voor het eind van het experiment is genoteerd en de overleden dieren zijn geprepareerd voor histopathologisch onderzoek.

Op een geselecteerd aantal dieren uit elk van de vier groepen is histopathologisch onderzoek verricht aan lever, longen, nieren, hart, thymus, blaas, milt, hersenen, testes en maag-darmstelsel.

2.6 Statistische analyses

Adang heeft de bloedparameters geanalyseerd op twee manieren: met een variantieanalyse (ANOVA) procedure is op elk van de tijdstippen van bloedafname gezocht naar verschillen tussen de vier groepen gelijktijdig en met de Student-t-

test zijn afzonderlijke vergelijkingen gemaakt tussen de *sham* en elk van de blootgestelde groepen.

De mortaliteitsgegevens tot een leeftijd van 28 maanden zijn door Adang met behulp van een Kaplan-Meier-analyse onderzocht, waarbij een log-rank-test op de gegevens is uitgevoerd.

Resultaten van het onderzoek en commentaar van de commissie

3.1 Dosimetrie

De dosimetrie is uitgevoerd volgens de toenmalige maatstaven, onder een aantal aannames, bijvoorbeeld met betrekking tot de positie van de dieren in de blootstellingsopstellingen. De exacte blootstelling van de ratten valt niet na te gaan, omdat de positie niet is gemonitord, zoals elders wel is gebeurd.³

De blootstelling wordt uitgedrukt in de *Specific Absorption Rate* (SAR), een grootheid die aangeeft hoeveel energie uit het elektromagnetische veld in het lichaam wordt opgenomen. Op basis van huidige rekenmodellen is de locatie van de maximale SAR in het lichaam van een rat bij 970 MHz een heel andere dan die bij 9,70 GHz. Ook is door de anatomie van de rat de SAR in de staart meestal hoger dan in de rest van het lichaam. (De enige uitzondering hierop treedt op bij de zogenaamde resonantiefrequentie: de SAR is dan in het hele lichaam even hoog.*) Berdiñas Torres heeft gevonden dat bij 970 MHz het verschil tussen de gemiddelde SAR in de staart en in het lichaam kan oplopen tot een factor 4, terwijl dit bij 5 GHz een factor 10 kan zijn.⁴ De commissie gaat ervan uit dat dit verschil bij 9,70 GHz ook aanzienlijk zal zijn. Zij acht het bovendien niet onwaarschijnlijk dat als gevolg van de grotere opwarming van de staart, de die-

* Afhankelijk van de grootte van de rat varieert de resonantiefrequentie globaal van 700 tot 900 MHz. Bij een grote rat is de resonantiefrequentie lager dan bij een kleine.

ren bij 9,70 GHz een andere lichaamshouding aannemen dan bij 970 MHz, hetgeen mogelijk leidt tot verschillen in blootstellingspatroon.

Bovenstaande complicaties hebben tot gevolg dat de effecten die in dit onderzoek bij ratten zijn gevonden na blootstelling aan 9,70 GHz niet, zoals Adang veronderstelt, zonder meer geëxtrapoleerd kunnen worden naar blootstelling van mensen aan 970 MHz.

3.2 Gedrag

In het eerste gedragsexperiment (zie paragraaf 2.3) vond Adang geen verschil in het exploratiegedrag bij dieren die gedurende twee maanden waren blootgesteld aan *sham* of 970 MHz-gepulst.

Bij ratten die in het hoofdexperiment gedurende 15 maanden waren blootgesteld zijn wel verschillen tussen *sham* en 970 MHz-gepulst gevonden. De blootgestelde groep vertoonde volgens Adang een afwijking van het normale gedrag doordat er geen verschil was in de exploratietijd van een bekend en een nieuw voorwerp; bij de *sham*-groep was dit wel het geval. Deze conclusie is echter niet gerechtvaardigd op grond van losse t-toetsen, zoals in het proefschrift beschreven. Bij een dergelijke analyse van meerdere metingen waarbij twee groepen vergeleken worden, dient een ANOVA voor herhaalde metingen gedaan te worden. De auteurs van het artikel waar Adang zijn experiment op baseert hebben wel zo'n analyse op hun gegevens uitgevoerd.⁵

Adang vond bij zes andere indexen voor het gedrag geen significant verschil tussen *sham* en 970 MHz-gepulst. De groepen blootgesteld aan 970 MHz-continu en 9,70 GHz-continu zijn niet op gedrag onderzocht.

De gedragsexperimenten zijn onvoldoende uitgewerkt om enige conclusies te kunnen trekken over effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op het gedrag van de proefdieren.

3.3 Bloedonderzoek

De basiswaarden die aan het begin van de blootstelling zijn bepaald, worden in het proefschrift en de publicatie niet gerapporteerd. Dit is een gemis, want nu kan niet worden nagegaan of het dagelijks aanraken van de dieren bij het in- en uitzetten in de bestralingsopstelling invloed heeft gehad op het bloedbeeld, bijvoorbeeld doordat één of meerdere groepen infecties hebben opgelopen. Een infectie kan zich eenvoudig in de gehele blootstellingsgroep verspreiden doordat de dieren enkele uren per dag bij elkaar in dezelfde blootstellingsopstelling verblijven. De pathogene status van de verschillende groepen is ook niet bepaald.

Bij de leverancier van de ratten (Charles River Laboratories) heeft de commissie basiswaarden voor de verschillende bloedparameters gebaseerd op gegevens van controlegroepen uit zo'n 30 verschillende onderzoeken, in totaal circa 180 ratten van de door Adang gebruikte stam verkregen.⁶

Adang heeft de bloedanalyses uitgevoerd met hetzelfde type apparaat als de leverancier heeft gebruikt voor het bepalen van de basiswaarden. Toch vindt Adang soms behoorlijk daarvan afwijkende waarden. Zo zijn de waarden voor monocytën (een bepaald type witte bloedcellen) die Adang rapporteert in alle groepen over de gehele duur van het experiment hoger dan de waarden in controlegroepen die de leverancier opgeeft (zie bijlage C). Dit kan wijzen op een systematische fout, of op een infectie (die zich dan in alle groepen voordoet). Een infectie kan van invloed zijn op de resultaten van de andere parameters, met name de sterfte. Ook bij andere aan het bloed gemeten parameters is er soms een aanzienlijk verschil tussen de gegevens van de leverancier en die uit het onderzoek. Adang bespreekt deze verschillen niet.

De gegevens van het bloedonderzoek zijn in het proefschrift en de publicatie gepresenteerd in de vorm van verschillen tussen steeds twee groepen: de *sham* en elk van de echt blootgestelde groepen, op elk van de verschillende analysetijden. Adang rapporteert dat verschillende parameters op verschillende tijden significante verschillen tussen de *sham* en één of meerdere blootgestelde groepen laten zien (zie tabel C1 in bijlage C). Een duidelijk patroon is daarin echter, naar het oordeel van de commissie, niet te ontdekken. Op grond van de gegevens over de stresshormonen in het bloed kunnen de verschillen in bloedcelparameters die Adang waarneemt tussen de verschillende groepen op verschillende tijdstippen niet verklaard worden door verschillen in stress. Adang bespreekt dit niet.

Uit de in het proefschrift en de publicatie gepresenteerde grafieken blijkt dat er in veel gevallen een verschil is tussen de mediaanwaarde en het gemiddelde. Deze verschillen zijn te groot om een normale verdeling van de waarden te veronderstellen. Dit betekent dat het uitvoeren van een t-test niet zonder meer gerechtvaardigd is. Een log-transformatie van de gegevens had dit probleem kunnen omzeilen, maar Adang heeft deze niet toegepast. Adang concludeert volgens de commissie daarmee ten onrechte dat blootstelling aan de verschillende signalen effecten op het bloedbeeld kan hebben.

Een tweede probleem bij de analysemethode van Adang is dat er informatie verloren gaat doordat het verloop in de tijd van de waarden niet wordt bekeken. Er had over de gegevens van alle tijdstippen (inclusief de niet-gerapporteerde meting voorafgaand aan de blootstellingen) een ANOVA voor herhaalde metingen gedaan moeten worden.

De commissie beschikt niet over de ruwe gegevens en kan zo'n analyse daarom niet (laten) uitvoeren. Wel heeft zij met de gegevens uit het proefschrift een eenvoudige grafische tijdsanalyse uitgevoerd en daarbij als basiswaarden de bij de leverancier verkregen gegevens beschouwd. De commissie concludeert uit deze analyse (zie bijlage C) dat er geen duidelijke en eenduidige veranderingen in het bloedbeeld zijn aangetoond. De variaties die bij sommige parameters op sommige analysetijden zijn gevonden geven geen aanleiding te veronderstellen dat langdurige blootstelling aan welk van de drie typen elektromagnetische velden dan ook een effect heeft.

Adang maakt in de publicatie een vergelijking tussen zijn gegevens en gegevens over effecten op bloedparameters uit twee andere onderzoeken. Deze onderzoeken zijn echter onvoldoende vergelijkbaar in opzet met het onderzoek van Adang om een vergelijk mogelijk te maken. In het onderzoek van Busljeta e.a.⁷ zijn ratten slechts gedurende vijftien dagen blootgesteld; in het onderzoek van Heikkinen e.a.⁸ werden muizen blootgesteld aan een combinatie van röntgenstraling en elektromagnetische velden.

De commissie heeft een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij gezocht is naar onderzoeken die qua opzet wel vergelijkbaar zijn met het onderzoek van Adang: onderzoeken waarin knaagdieren gedurende lange tijd (meer dan zes maanden) werden blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden. Onderzoeken waarin gelijktijdige blootstelling plaatsvond aan andere factoren, of waarbij tumoren met behulp van chemische stoffen werden opgewekt, zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. De resultaten van dit literatuuronderzoek zijn weergegeven in de tabel in bijlage D. Hieruit blijkt dat er slechts in één onderzoek met ratten tijdelijke geringe afnamen gevonden zijn in de aantallen eosinofielen en neutrofielen (bepaalde typen witte bloedcellen).⁹ In de zes andere onderzoeken waarin het bloedbeeld is onderzocht in ratten, gewone muizen en muizen waarbij bepaalde tumoren in verhoogde mate voorkomen, is geen effect op het bloedbeeld gevonden, ook niet bij blootstellingen waarin een hoger blootstellingsniveau is toegepast dan door Adang.

De commissie concludeert dat de literatuurgegevens geen ondersteuning geven aan de bevindingen van Adang.

3.4 Mortaliteit

Uit het proefschrift valt op te maken dat de blootstelling gestart is op een leeftijd van 4 maanden (de dieren zijn aangeschaft op een leeftijd van 3 maanden en ze zijn 1 maand in het laboratorium geacclimatiseerd). De blootstelling duurde 21 maanden en is dus op een leeftijd van 25 maanden gestopt. Adang heeft vervol-

gens 3 maanden later de mortaliteit bepaald, dus op een leeftijd van 28 maanden. Uit de grafiek in hoofdstuk 2.4 van het proefschrift, dat de Kaplan-Meier-analyse van de overleving bespreekt, blijkt echter dat de sterfte tot een leeftijd van 32 maanden is geregistreerd. De mortaliteit in deze laatste 4 maanden is door Adang niet in zijn analyse meegenomen.

Volgens het proefschrift zijn dieren die tussentijds om ethische redenen zijn geeuthanaseerd niet in de analyse meegenomen, maar volgens de publicatie is dit wel gebeurd. Geeuthanaseerde dieren mogen in de verdere analyse echter niet meer worden meegenomen. Zowel in het proefschrift als in de publicatie is in alle groepen op alle onderzochte tijdstippen het aantal dieren per groep 31, dat wil zeggen, het aantal waarmee het experiment begon. Adang heeft de analyse dus gebaseerd op dieren die of spontaan zijn overleden of zijn geeuthanaseerd. Er wordt noch in het proefschrift noch in de publicatie aangegeven hoeveel en in welke groepen dieren zijn geeuthanaseerd.

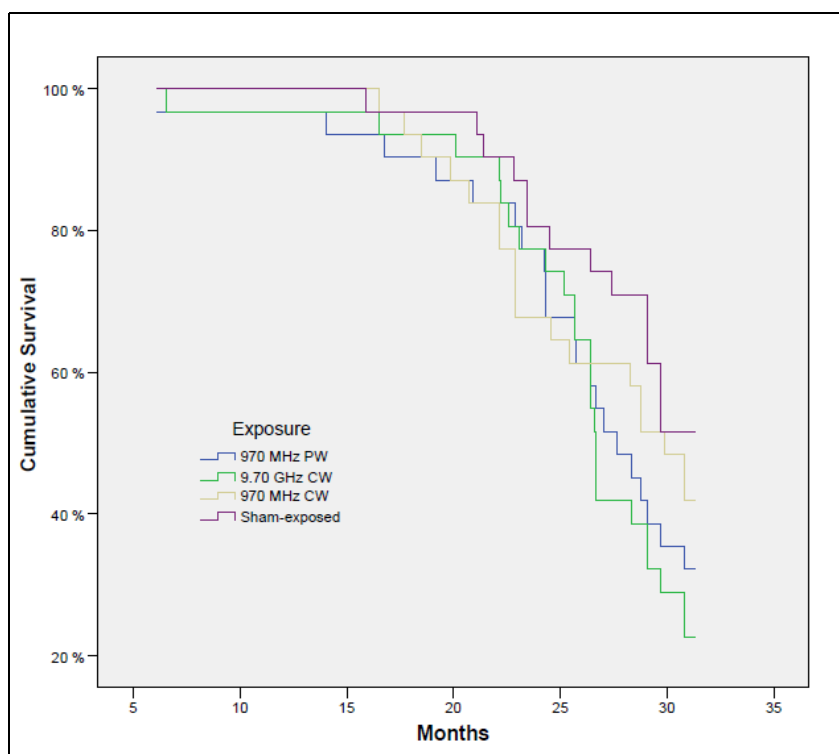
De sterfte op een leeftijd van 24 maanden is door Adang bepaald omdat deze kan worden vergeleken met de sterfte in controlegroepen zoals opgegeven door de leverancier (zie tabel 1). Hieruit blijkt dat de sterfte in de 3 blootgestelde groepen wel hoger is dan in de *sham*-groep, maar dat de percentages geheel binnen de variaties van de controles vallen.

Aan het einde van de blootstellingsperiode, dat wil zeggen op een leeftijd van 25 maanden, is in alle groepen de sterfte opgelopen; hetzelfde geldt voor de gerapporteerde sterfte 3 maanden later, terwijl uit de overlevingscurves van de door Adang gebruikte Kaplan-Meier-analyse blijkt dat de sterfte tot 32 weken nog verder toeneemt (zie figuur 2).

Tabel 1 Sterftepercentages

Leeftijd (maanden)	Sterfte (%)		
	24	25	28
Controles leverancier	14,5-34,5*		
Sham	19,9	22,5	29,0
970 MHz continu	32,3	38,7	48,4
970 MHz gepulst	32,3	38,7	51,8
9,70 GHz continu	25,8	35,5	61,3

* 10 groepen van elk 55 dieren; het gemiddelde sterftepercentage is 21,2



Figuur 2 Het percentage overlevende dieren in elk van de vier experimentele groepen als functie van de leeftijd. Bron: proefschrift Adang.¹

Adang heeft in de Kaplan-Meier-analyses steeds twee mortaliteitscurves vergeleken: de *sham* en een van de daadwerkelijke blootstellingen. Hij concludeert dat de analyse van de overlevingcurves tot 3 maanden na afloop van de blootstelling (dat wil zeggen, tot een leeftijd van 28 maanden) een significant verschil oplevert tussen de *sham* en de aan 9,70 GHz-continu blootgestelde dieren. Voor beide 970 MHz-modaliteiten – continu en gepulst – is er volgens Adang geen verschil in sterfepatroon met de *sham*-groep.

Er had echter over de volledige periode tot een leeftijd van 32 maanden een analyse uitgevoerd moeten worden, waarbij in de log-rank-test de vier grafieken tegelijk vergeleken hadden moeten worden. De commissie heeft deze analyse laten uitvoeren. Hieruit blijkt dat er geen statistisch significant verschil in overleving is tussen de vier verschillende groepen: de statistische analyse

(log-rank-test) geeft een p-waarde van 0,13*. De analyse die Adang heeft uitgevoerd is dus niet correct.

De vergelijking die Adang maakt met gegevens over sterfte in vergelijkbare onderzoeken is onvolledig. Zoals in paragraaf 3.3 aangegeven heeft de commissie een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij gezocht is naar gegevens over sterfte in onderzoeken waarin knaagdieren gedurende lange tijd (meer dan 6 maanden) werden blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden (zie bijlage D).

Uit dit overzicht blijkt dat, behalve door Adang, in geen enkel onderzoek met ratten een invloed op het sterftepatroon is gevonden, ook niet in onderzoeken waarin een hoger blootstellingsniveau is toegepast en een langere dagelijkse blootstelling. De onderzoeken met muizenstammen met een normale of een verhoogde kans op tumoren leveren 4 studies op waarin de sterfte verhoogd of versneld is bij langdurig blootgestelde dieren.¹⁰⁻¹³ De blootstelling in deze onderzoeken was echter een factor 10 tot 100 hoger dan in de experimenten van Adang. Het is waarschijnlijk dat in deze onderzoeken deels thermische effecten een rol hebben gespeeld. Deze bevindingen zijn op zich interessant en vereisen nader onderzoek. De gegevens zijn nu echter niet eenduidig en er kan met de beschikbare informatie geen uitspraak gedaan worden of bepaalde vormen van langdurige of gedurende lange tijd herhaalde blootstelling in het algemeen een versnelling van tumorgroei kunnen veroorzaken.

3.5 Histopathologie

Adang heeft slechts 19 van de in totaal 124 ratten histopathologisch onderzocht. Op grond van deze beperkte histopathologie en daardoor onvolledige gegevens kunnen geen uitspraken gedaan worden met betrekking tot de oorzaak van eventuele veranderingen in het sterftepatroon in bepaalde groepen.

* Een p-waarde kleiner dan 0,05 geeft aan dat er een statistisch significant verschil is.

Conclusies

De commissie vindt de vraagstelling van het onderzoek interessant en relevant, maar concludeert dat het onderzoek zelf en de analyse van de gegevens meerdere onvolkomenheden bevatten. Hierdoor is het niet mogelijk om op grond van dit onderzoek wetenschappelijk valide uitspraken te doen over effecten van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de gezondheid. Extrapolatie van de bevindingen naar de mens is niet mogelijk.

Eerst komen de door de commissie gevonden onvolkomenheden in het onderzoek aan bod, daarna worden de twee vragen uit de adviesaanvraag beantwoord.

4.1 Onvolkomenheden van het onderzoek

Generatorstoring

Het feit dat de 9,70 GHz-generator na circa zes maanden kapot ging en de consequentie daarvan dat de desbetreffende groep dieren niet verder is blootgesteld, worden in het proefschrift slechts summier vermeld. In de analyse van de gegevens en de bijbehorende conclusies wordt hiervan in het geheel geen melding gemaakt, evenmin als in de wetenschappelijke publicatie; aangezien de generatorstoring de oorspronkelijke opzet van het experiment aantast, is er volgens de commissie sprake van een ernstige omissie.

Analyse effecten op het bloedbeeld

De commissie kan de conclusies van Adang dat er duidelijke effecten op het bloedbeeld zijn gevonden, niet onderschrijven.

Voor zover er tussen de *sham* (controlegroep die een gesimuleerde blootstelling onderging) en de blootgestelde groepen voor bepaalde bloedparameters op bepaalde tijdstippen significante verschillen gevonden zijn, geven deze geen duidelijk patroon te zien. In het proefschrift ontbreken een tijdsanalyse en de uitgangswaarden van deze gegevens. De grafische tijdsanalyse die de commissie uitgevoerd heeft, levert ook geen eenduidige verschillen op.

Verder zijn de gebruikte statistische analysemethoden die Adang heeft uitgevoerd niet de meest geëigende. De gegevens zouden geanalyseerd moeten worden door middel van een variantieanalyse voor herhaalde metingen, waarbij alle tijdstippen, inclusief de niet gerapporteerde basiswaarden, meegenomen moeten worden.

Het verhoogde gehalte monocyten in alle groepen ratten (inclusief de *sham*-groep) wijst mogelijk op een infectie in de gehele laboratoriumpopulatie.

De literatuurgegevens over vergelijkbare onderzoeken tenslotte geven geen onderbouwing aan de hypothese dat er effecten op het bloedbeeld zouden kunnen zijn.

Opzet gedragsexperimenten

De gedragsexperimenten zijn alleen uitgevoerd aan de groep die werd blootgesteld aan een gepulst 970 MHz-signaal. Ze zijn onvoldoende uitgewerkt om conclusies te kunnen trekken over effecten daarvan op het gedrag.

Analyse overlevingsgegevens

De commissie vindt dat de analyse die Adang heeft uitgevoerd aan de overlevingsgegevens onjuist en onvolledig is. De conclusie van Adang dat er een effect is op de overleving van blootstelling aan 9,70 GHz elektromagnetische velden is niet houdbaar: een op verzoek van de commissie uitgevoerde analyse van de volledige overlevingsgegevens laat geen statistisch significante verschillen tussen de vier groepen zien. Histopathologische analyse is slechts aan enkele dieren verricht en heeft slechts illustratieve waarde. Het is niet na te gaan waar een eventueel hoger percentage sterfte aan te wijten zou kunnen zijn. De gegevens uit de literatuur leveren ook geen ondersteuning aan de hypothese dat er een effect van

langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de overleving zou kunnen zijn.

4.2 Beantwoording vragen adviesaanvraag

De eerste vraag uit de adviesaanvraag luidt:

Kunt u een reactie geven met betrekking tot het aangehaalde onderzoek?

Ondanks dat de vraagstelling van het onderzoek van Adang interessant en relevant is, bevatten het onderzoek zelf en de analyse van de gegevens te veel onvolkomenheden om op grond van dit onderzoek wetenschappelijk valide uitspraken te doen over effecten van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de gezondheid.

In de Kamervragen die ten grondslag liggen aan de adviesaanvraag wordt het vermoeden uitgesproken dat uit het onderzoek van Adang blijkt dat ratten sneller dan normaal overlijden aan GSM-straling. Die conclusie is niet terecht. Allereerst vindt Adang alleen in de aan 9,70 GHz blootgestelde groep een verhoogde sterfte, en niet in de groep die aan een GSM-achtig signaal is blootgesteld. En Adang heeft een onvolledige analyse van de sterftegegevens uitgevoerd. De volledige analyse die de commissie heeft laten uitvoeren, leidt tot de conclusie dat er tussen de verschillende groepen geen statistisch significant verschil in overleving is.

De commissie heeft daarnaast aangegeven dat het onduidelijk is hoe lang de ratten in de groep 9,70 GHz precies zijn blootgesteld: de generator gaf immers na enkele maanden de geest en kon niet worden gerepareerd. Het feit dat dit gegeven, en de consequenties daarvan, in het proefschrift slechts zeer summier en in de wetenschappelijke publicatie in het geheel niet zijn vermeld, vindt de commissie een ernstig gebrek.

De tweede vraag uit de adviesaanvraag luidt:

Verwacht u dat de resultaten van dit onderzoek aanleiding zullen geven om uw eerdere conclusies met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van mobiele telefonie bij te stellen?

In eerdere adviezen kwam de commissie op grond van de stand van wetenschap tot de conclusie dat geen oorzakelijk verband is aangetoond tussen gezondheidsproblemen en blootstelling aan de elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons of basisstations voor mobiele telefonie. Het onderzoek van

Adang en het geactualiseerde literatuuronderzoek geven de commissie geen aanleiding deze conclusie bij te stellen.

Literatuur

- 1 Adang D. An epidemiological study on low-level 21-month microwave exposure of rats. Thesis. Louvain-la-Neuve: Catholic University of Louvain, 2008.
 - 2 Adang D., Remacle C., and Vander Vorst A. Results of a long-term low-level microwave exposure of rats. *IEEE Trans Microwave Theory Tech*, 2009; 57(10): 2488-2497.
 - 3 Takahashi S., Imai N., Nabae K., e.a. Lack of adverse effects of whole-body exposure to a mobile telecommunication electromagnetic field on the rat fetus. *Radiat Res*, 2010; 173(3): 362-372.
 - 4 Berdiñas Torres V. Exposure systems and dosimetry of large scale in vivo studies. Konstanz: Hartung-Gorre Verlag, 2007; Series in Microelectronics, Volume 191; Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich.
 - 5 Ennaceur A., Michalikova S., Bradford A., e.a. Detailed analysis of the behavior of Lister and Wistar rats in anxiety, object recognition and object location tasks. *Behav Brain Res*, 2005; 159(2): 247-266.
 - 6 Giknis M. L. A. and Clifford C. B. Clinical laboratory parameters for CrI:WI (Han). March 2008. Charles River Laboratories. Internet: http://info.criver.com/flex_content_area/documents/rm_rm_r_Wistar_Han_clin_lab_parameters_08.pdf. Geraadpleegd 26-8-2009.
 - 7 Busljeta I., Trosic I., and Milkovic-Kraus S. Erythropoietic changes in rats after 2.45 GHz nonthermal irradiation. *Int J Hyg Environ Health*, 2004; 207(6): 549-554.
 - 8 Heikkinen P., Kosma V. M., Hongisto T., e.a. Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. *Radiat Res*, 2001; 156(6): 775-785.
 - 9 Chou C. K., Guy A. W., Kunz L. L., e.a. Long-term, low-level microwave irradiation of rats. *Bioelectromagnetics*, 1992; 13(6): 469-496.
 - 10 Liddle C. G., Putnam J. P., and Huey O. P. Alteration of life span of mice chronically exposed to 2.45 GHz CW microwaves. *Bioelectromagnetics*, 1994; 15(3): 177-181.
-

- 11 Szmigielski S., Szudzinski A., Pietraszek A., e.a. Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450 MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics*, 1982; 3: 179-191.
- 12 Oberto G., Rolfo K., Yu P., e.a. Carcinogenicity study of 217 Hz pulsed 900 MHz electromagnetic fields in Pim1 transgenic mice. *Radiat Res*, 2007; 168(3): 316-326.
- 13 Anghileri L. J., Mayayo E., Domingo J. L., e.a. Radiofrequency-induced carcinogenesis: cellular calcium homeostasis changes as a triggering factor. *Int J Radiat Biol*, 2005; 81(3): 205-209.
- 14 Zook B. C. and Simmens S. J. 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.
- 15 Adey W. R., Byus C. V., Cain C. D., e.a. Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats chronically exposed to 836 MHz modulated microwaves. *Radiat Res*, 1999; 152(3): 293-302.
- 16 Adey W. R., Byus C., V, Cain C. D., e.a. Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors of the central nervous system in Fischer 344 rats exposed to frequency-modulated microwave fields. *Cancer Res*, 2000; 60(7): 1857-1863.
- 17 La Regina M., Moros E. G., Pickard W. F., e.a. The effect of chronic exposure to 835.62 MHz FDMA or 847.74 MHz CDMA radiofrequency radiation on the incidence of spontaneous tumors in rats. *Radiat Res*, 2003; 160(2): 143-151.
- 18 Anderson L. E., Sheen D. M., Wilson B. W., e.a. Two-year chronic bioassay study of rats exposed to a 1.6 GHz radiofrequency signal. *Radiat Res*, 2004; 162(2): 201-210.
- 19 Vijayalaxmi, Sasser L. B., Morris J. E., e.a. Genotoxic potential of 1.6 GHz wireless communication signal: in vivo two-year bioassay. *Radiat Res*, 2003; 159(4): 558-564.
- 20 Toler J., Popovic V., Bonasera S., e.a. Long-term study of 435 MHz radio-frequency radiation on blood-borne end points in cannulated rats. Part II: methods, results, and summary. *J Microw Power Electromagn Energy*, 1988; 23(2): 105-136.
- 21 Smith P., Kuster N., Ebert S., e.a. GSM and DCS wireless communication signals: combined chronic toxicity/carcinogenicity study in the Wistar rat. *Radiat Res*, 2007; 168(4): 480-492.
- 22 Spalding J. F., Freyman R. W., and Holland L. M. Effects of 800-MHz electromagnetic radiation on body weight, activity, hematopoiesis and life span in mice. *Health Phys*, 1971; 20(4): 421-424.
- 23 Bellossi A., Dubost G., Moulinoux J. P., e.a. Biological effects of millimeter-wave irradiation on mice-preliminary results. *IEEE Trans Microwave Theory Tech*, 2000; 48(11): 2104-2110.
- 24 Utteridge T. D., GebSKI V., Finnie J. W., e.a. Long-term exposure of E- μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiat Res*, 2002; 158(3): 357-364.
- 25 Tillmann T., Ernst H., Ebert S., e.a. Carcinogenicity study of GSM and DCS wireless communication signals in B6C3F1 mice. *Bioelectromagnetics*, 2007; 28(3): 173-187.
- 26 Ziemann C., Brockmeyer H., Reddy S. B., e.a. Absence of genotoxic potential of 902 MHz (GSM) and 1747 MHz (DCS) wireless communication signals: In vivo two-year bioassay in B6C3F1 mice. *Int J Radiat Biol*, 2009; 85(5): 454-464.
-

- 27 Kim T. H., Huang T. Q., Jang J. J., e.a. Local exposure of 849 MHz and 1763 MHz radiofrequency radiation to mouse heads does not induce cell death or cell proliferation in brain. *Exp Mol Med*, 2008; 40(3): 294-303.
- 28 Repacholi M. H., Basten A., Gebiski V., e.a. Lymphomas in E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res*, 1997; 147(5): 631-640.
- 29 Sommer A. M., Streckert J., Bitz A. K., e.a. No effects of GSM-modulated 900 MHz electromagnetic fields on survival rate and spontaneous development of lymphoma in female AKR/J mice. *BMC Cancer*, 2004; 4: 77.
- 30 Sommer A. M., Bitz A. K., Streckert J., e.a. Lymphoma development in mice chronically exposed to UMTS-modulated radiofrequency electromagnetic fields. *Radiat Res*, 2007; 168(1): 72-80.
- 31 Toler J. C., Shelton W. W., Frei M. R., e.a. Long-term, low-level exposure of mice prone to mammary tumors to 435 MHz radiofrequency radiation. *Radiat Res*, 1997; 148(3): 227-234.
- 32 Frei M. R., Berger R. E., Dusch S. J., e.a. Chronic exposure of cancer-prone mice to low-level 2450 MHz radiofrequency radiation. *Bioelectromagnetics*, 1998; 19(1): 20-31.
- 33 Frei M. R., Jauchem J. R., Dusch S. J., e.a. Chronic, low-level (1.0 W/kg) exposure of mice prone to mammary cancer to 2450 MHz microwaves. *Radiat Res*, 1998; 150(5): 568-576.
- 34 Vijayalaxmi, Frei M. R., Dusch S. J., e.a. Frequency of micronuclei in the peripheral blood and bone marrow of cancer-prone mice chronically exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation. *Radiat Res*, 1997; 147(4): 495-500.
-

-
- A De adviesaanvraag
 - B De commissie
 - C De bloedanalyse
 - D Gegevens onderzoeken langetermijn blootstelling

Bijlagen

De adviesaanvraag

Op 2 juli 2009 stuurde de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer de voorzitter van de Gezondheidsraad de volgende brief (kenmerk RB/2009043028):

Geachte Voorzitter,

Een paar maanden geleden heeft u mij de rapportage getiteld “Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008” doen toekomen. Ik wil u en uw commissie daarvoor hartelijk danken.

Via de jaarberichten houdt u mij op de hoogte van de wetenschappelijke ontwikkelingen ten aanzien van de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. De jaarberichten vervullen hiermee maatschappelijk gezien een belangrijke rol. U heeft in het Jaarbericht 2008 een uitvoerige toelichting gegeven op de werkwijze en methoden die u gebruikt bij het analyseren van gegevens. Daarnaast bent u ingegaan op de invloed van radiofrequente elektromagnetische velden op hersenactiviteit en het verband tussen blootstelling aan dergelijke velden en het optreden van gezondheidsklachten. Ik ben u hiervoor zeer erkentelijk.

Op 25 juni 2008 heeft het Kamerlid Van Dam een verzoek aan mij en mijn collega van Economische Zaken gedaan over appreciatie van een wetenschappelijk onderzoek in België waaruit zou blijken dat ratten sneller overlijden aan GSM-straling.

In ons antwoord aan de Tweede Kamer hebben wij geschreven dat de regering over de stand van wetenschap met betrekking tot gezondheidsaspecten van elektromagnetische velden wordt geadviseerd door uw Commissie Elektromagnetische velden. Tevens hebben wij echter aangegeven dat het Belgische onderzoek niet voldoet aan een van de criteria voor analyse door de Gezondheidsraad; namelijk publicatie in een peer-reviewed tijdschrift.

Omdat er maatschappelijk veel belangstelling is voor het onderwerp wil ik u alsnog vragen mij te adviseren over het proefschrift van de heer Adang.

Naar aanleiding van het voorgaande wil ik u de volgende vragen voorleggen:

- 1 Kunt u een reactie uitbrengen met betrekking tot het aangehaalde onderzoek?
- 2 Verwacht u dat de resultaten van dit onderzoek aanleiding zullen geven om uw eerdere conclusies met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van mobiele telefonie bij te stellen?

Graag verneem ik uw reactie.

Hoogachtend,

de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeher,

(w.g.)

dr. Jacqueline Cramer

De commissie

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

- dr. G.C. van Rhoon, *voorzitter*
fysicus, Erasmus Universitair Medisch Centrum Rotterdam
 - dr. L.M. van Aernsbergen, *waarnemer*
fysicus, ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag
 - prof. dr. A. Aleman
hoogleraar cognitieve neuropsychiatrie, Rijksuniversiteit Groningen
 - dr. G. Kelfkens, *adviseur*
fysicus, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven
 - prof. dr. ir. H. Kromhout
hoogleraar arbeidshygiëne en blootstellingskarakterisering, Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht
 - prof. dr. ir. F.E. van Leeuwen
hoogleraar epidemiologie van kanker, Vrije Universiteit Amsterdam, en Nederlands Kanker Instituut, Amsterdam
 - dr. H.K. Leonhard, *waarnemer*
fysicus, ministerie van Economische Zaken, Groningen
 - prof. dr. H.F.J. Savelkoul
hoogleraar celbiologie en immunologie, Wageningen Universiteit
-

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

De Kaplan-Meier-analyse van de mortaliteitsgegevens is uitgevoerd door dr. W.L.J. van Putten, statisticus aan het Erasmus Universitair Medisch Centrum Rotterdam.

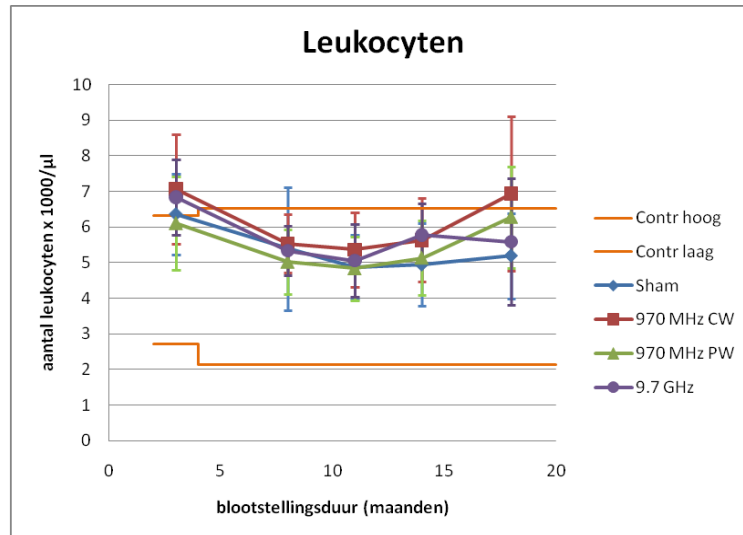
De Gezondheidsraad en belangen

Leden van Gezondheidsraadcommissies – waaronder sinds 1 februari 2008 ook de leden van de RGO – worden benoemd op persoonlijke titel, wegens hun bijzondere expertise inzake de te behandelen adviesvraag. Zij kunnen echter, dikwijls juist vanwege die expertise, ook belangen hebben. Dat behoeft op zich geen bezwaar te zijn voor het lidmaatschap van een Gezondheidsraadcommissie. Openheid over mogelijke belangenconflicten is echter belangrijk, zowel naar de voorzitter en de overige leden van de commissie, als naar de voorzitter van de Gezondheidsraad. Bij de uitnodiging om tot de commissie toe te treden wordt daarom aan commissieleden gevraagd door middel van het invullen van een formulier inzicht te geven in de functies die zij bekleden, en andere materiële en niet-materiële belangen die relevant kunnen zijn voor het werk van de commissie. Het is aan de voorzitter van de raad te oordelen of gemelde belangen reden zijn iemand niet te benoemen. Soms zal een adviseurschap het dan mogelijk maken van de expertise van de betrokken deskundige gebruik te maken. Tijdens de installatievergadering vindt een bespreking plaats van de verklaringen die zijn verstrekt, opdat alle commissieleden van elkaars eventuele belangen op de hoogte zijn.

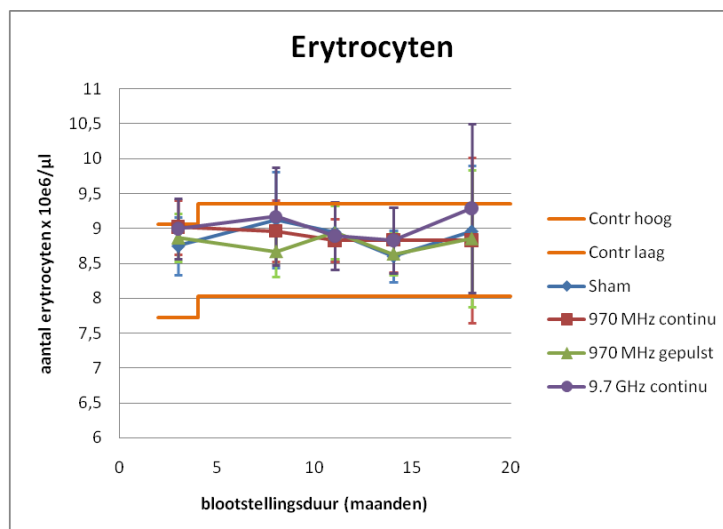
De bloedanalyse

De commissie heeft in het proefschrift van Adang voor de verschillende in het bloed onderzochte parameters de gegevens gezocht voor de gemiddelde waarden en de bijbehorende standaarddeviaties. In de meeste gevallen staan deze in de tekst, maar in enkele gevallen moesten de standaarddeviaties berekend worden aan de hand van de foutmarges in de figuren.

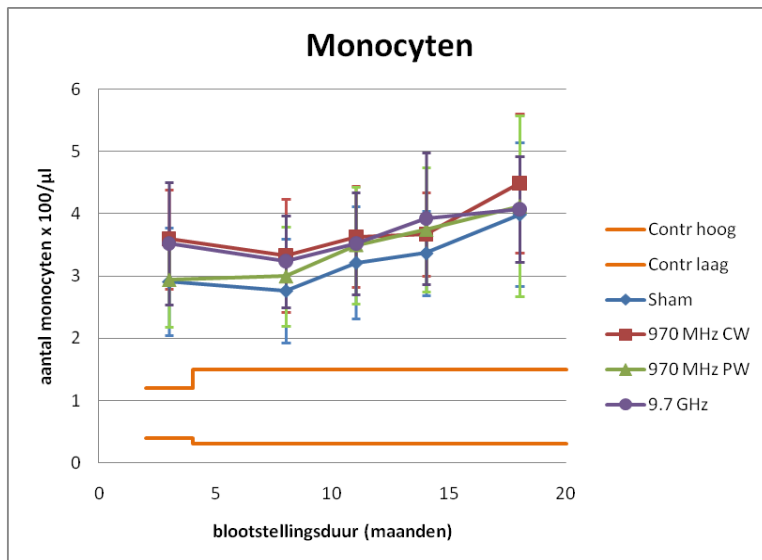
In de onderstaande figuren zijn door middel van twee horizontale lijnen de boven- en ondermarge weergegeven van de basiswaarden, dat wil zeggen: de gegevens van een groot aantal controledieren zoals deze in een rapport op de website van de leverancier te vinden zijn.⁶ Weergegeven zijn de waarden van 1 standaarddeviatie boven en 1 standaarddeviatie onder het gemiddelde.



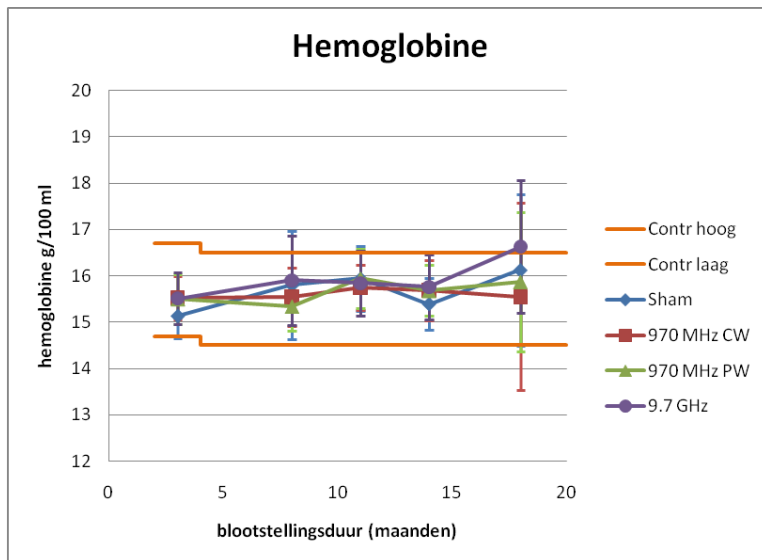
Figuur C1 Verloop van het aantal witte bloedcellen gedurende het onderzoek. Weergegeven zijn gemiddelden en standaarddeviaties. De horizontale lijnen geven de waarden van 1 standaarddeviatie boven en 1 standaarddeviatie onder de gemiddelde waarde van een grote groep controledieren (zoals opgegeven door de leverancier). De leeftijd is de blootstellingsduur + 4 maanden.



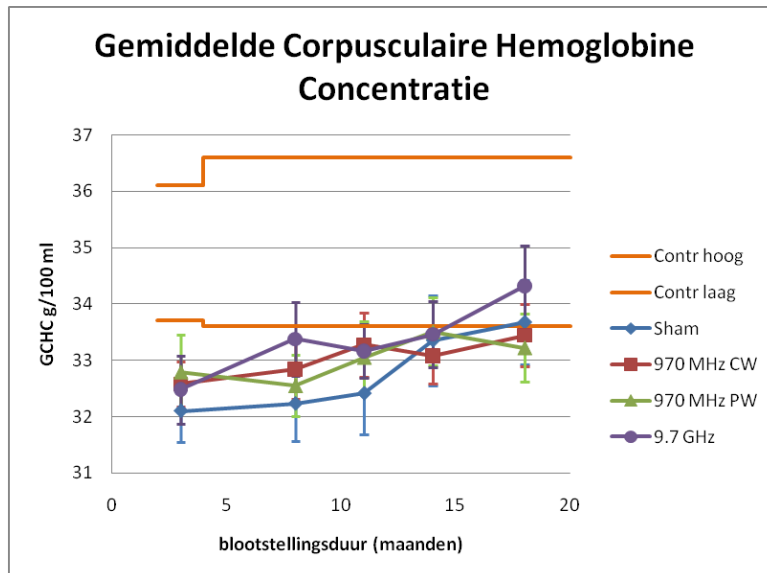
Figuur C2 Verloop van het aantal rode bloedcellen gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.



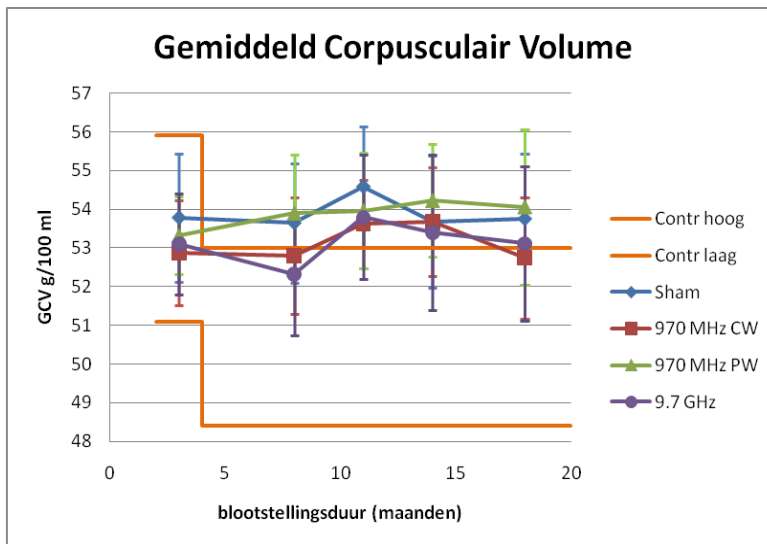
Figuur C3 Verloop van het aantal monocyten, een bepaald type witte bloedcel, gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.



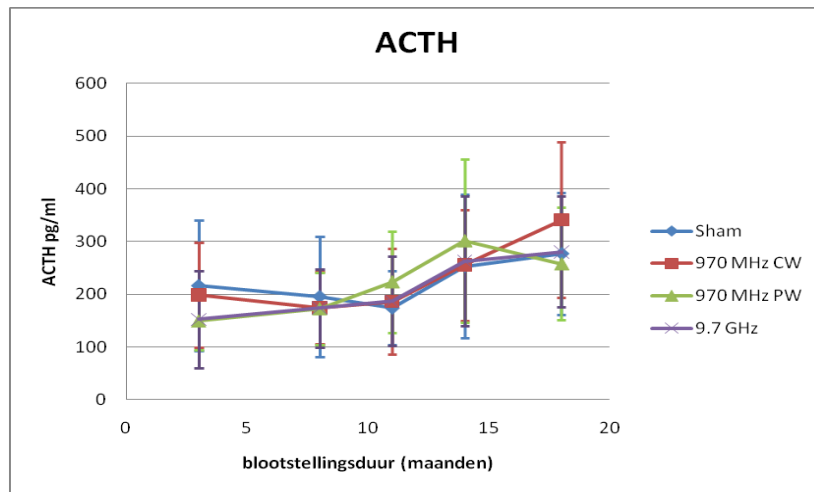
Figuur C4 Verloop van het hemoglobinegehalte in het bloed gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.



Figuur C5 Verloop van het GCHC, een maat voor het hemoglobinegehalte in erythrocyten, gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.



Figuur C6 Verloop van het GCV, een maat voor het gemiddelde volume per erythrocyt, gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.



Figuur C7 Verloop van de concentratie adrenocorticotroop hormoon in het bloed gedurende het onderzoek; details als in figuur C1.

Tabel C1 geeft de door Adang opgegeven verschillen weer (uitgedrukt in percentage) tussen *sham* en echte blootstelling voor alle onderzochte parameters in het bloed. De statistisch significante verschillen zijn gearceerd.

Tabel C1 De door Adang opgegeven verschillen (uitgedrukt in percentage) tussen sham en echte blootstelling voor de in het bloed onderzochte parameters. Significante verschillen zijn gearceerd.

maand	970 MHz continu					970 MHz gepulst					9,70 GHz continu				
	3	8	11	14	18	3	8	11	14	18	3	8	11	14	18
WBC	+10,9	+2,6	+9,9	+14,1	+33,6	-4,0	-7,0	-0,9	+4,0	+21,0	+7,5	-1,2	+3,6	+17,2	+7,7
RBC	+3,0	-1,8	-1,3	+2,7	-1,4	+1,4	-4,0	-0,1	+0,3	-1,1	+2,9	+0,4	-0,6	+2,6	+3,6
HBG	+2,6	-1,7	-1,3	+1,9	-3,6	+2,5	-2,9	0,0	+1,9	-1,6	+2,6	+0,6	-0,6	+2,4	+3,1
HCT			-3,4	+2,7	-3,3			-1,6	+1,4	-0,7			-2,6	+2,1	+0,8
GCV	-1,7	-1,5	-1,8	-0,02	-1,9	-0,8	+0,4	-1,1	+1,0	+0,6	-1,3	-2,5	-1,4	-0,5	-1,2
GCHC	+1,5	+1,9	+2,7	-0,8	-0,7	+2,2	+1,0	+2,0	+0,5	-1,3	+1,2	+3,6	+2,3	+0,3	+1,9
LYM					-13,0					-11,6					-15,1
NEUT					+27,9					+26,4					+34,7
EOS	-16,8	-4,6	-11,9	-15,6	+19,4	-7,4	-12,6	-11,5	-14,8	+8,1	-11,9	-8,2	-8,0	-11,1	+2,5
MOC	+23,5	+20,6	+13,0	+9,0	+12,5	+1,0	+8,4	+8,8	+14,1	+3,3	+21,1	+17,1	+9,6	+16,6	+2,1
RETIC		+6,2	-2,5	+11,0	+1,3		+14,0	-0,8	+5,0	+15,5		+5,3	-12,9	+6,3	+1,3
ACTH	-8,1	-11,2	+6,9	+1,1	+23,2	-31,1	-12,0	+28,4	+19,2	-6,9	-29,5	-11,3	+7,1	+3,8	+1,3
CORT			-2,1	-1,8	-17,4			+20,6	+7,5	-8,8			-6,2	-4,3	-3,3

WBC: witte bloedcellen; RBC: rode bloedcellen; HBG: hemoglobinegehalte; HCT: hematocriet; GCV: gemiddeld corpusculair volume; GCHC: gemiddeld corpusculaire hemoglobine concentratie; LYM: lymfocyten; NEUT: neutrofielen; EOS: eosinofielen; MOC: monocyten; RETIC: reticulocyten; ACTH: adrenocorticotroop hormoon; CORT: cortisol

Gegevens onderzoeken langetermijn blootstelling

De commissie heeft een literatuuronderzoek uitgevoerd naar onderzoeken waarin knaagdieren gedurende lange tijd (meer dan 6 maanden) werden blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden. Onderzoeken waarin gelijktijdige blootstelling plaatsvond aan andere factoren, of waarbij tumoren met behulp van chemische stoffen werden opgewekt, zijn buiten beschouwing gelaten.

In eerste instantie is gezocht in de Research Database van het *International EMF Project* van de WHO, met als zoekcriteria: Study Type=*In Vivo*; Freq Range=100 kHz - 300 GHz (RF/MW/mmW); Study Subtype=Long Term Rodent Bioassay. Daarna is in PubMed gezocht met de volgende zoektermen: ((chronic OR life-time OR bioassay) AND (rats OR mice)) AND (radiofrequency OR radiowaves OR radio-waves OR radiofrequent OR cellphone OR mobile phone) NOT (*in vitro* [Publication Type] OR *in vitro*[All Fields]). De literatuursearch vond plaats op 19 augustus 2009; een herhaling op 9 april 2010 leverde geen nieuwe resultaten op.

In de volgende tabel zijn de kerngegevens samenvat van de resulterende onderzoeken.

Dieren	Type EM veld	Duur blootstelling/ tijdstip bloedafname	SAR (W kg ⁻¹)	Opgesloten/ vrij	Effect tumor	Effect overleving	Effect bloedcellen	Ref.
<i>Ratten</i>								
Sprague-Dawley, man/vrouw	860 MHz CW 860 MHz MiRS	6 uur/d; 5 d/wk; 22 mnd	Hersenen 0,8-1,2 Totale lichaam 0,27-0,42	Opgesloten (carroussel)	Geen effect op tumorvorming	Geen effect	Niet bepaald	¹⁴
F-344, man/vrouw	836,55 MHz NADC	2 uur/d; 7.5 min aan/7.5 min uit; 22 mnd	Hersenen 0,3-0,5 Totale lichaam 0,2-0,4	Opgesloten (carroussel)	Geen effect op incidentie CNS/ hersens tumoren	Geen effect	Niet bepaald	¹⁵
F-344, man/vrouw	836,55 MHz FM	2 uur/d; 4 d/wk; 23 mnd	Hersenen 1,1-1,4 Totale lichaam 0,3-0,7	Opgesloten (carroussel)	Geen effect op incidentie CNS/ hersens- tumoren	Geen effect	Niet bepaald	¹⁶
F-344, man/vrouw	835,62 MHz, FDMA 847,74 MHz, CDMA	4 uur/d; 5 d/wk; 104 wk	Hersenen 1,3±0,5	Opgesloten (carroussel)	Geen effect op tumor-incidentie	Geen effect	Niet bepaald	¹⁷
F-344, man/vrouw	1,62 GHz Iridium	2 uur/d; 5 d/wk; 2 jr Na 2 jr	Hersenen 0,11-0,18 of 1,1-1,8 Totale lichaam ~0,02 of 0,2	Opgesloten (carroussel)	Geen effect op tumor-incidentie	Geen effect	Geen effecten op genotoxici- teit	^{18,19}
Sprague-Dawley, man	435 MHz	22 uur/d; 6 mnd Op 1,2,3,4, 6,7,8,10,11, 12,13,14,16, 17,18, 19, 20 wk	Totale lichaam 0,3-0,35	Vrij bewegend	Niet bepaald	Niet bepaald	Geen effect op: hematocriet; rode en witte bloedcellen; neutrofielen; eosinofielen; monocyten	²⁰

Dieren	Type EM veld	Duur blootstelling/ tijdstip bloedafname	SAR (W kg ⁻¹)	Opgesloten/ vrij	Effect tumor	Effect overleving	Effect bloedcellen	Ref.
Sprague-Dawley, man	2,45 GHz gepulsd	21,5 uur/d; 7 d/wk; 25 mnd Elke 6 wk, vanaf wk 7	Totale lichaam 0,15-0,4	Vrij bewegend	Geen toename incidentie individuele tumortypes. Viervoudige toename gecombineerde primaire kwaadaardige tumoren, geen toename gecombineerde goedaardige tumoren	Geen effect	Vermindering eosinofielen op 13 wk; vermindering neutrofielen op 13 & 19 wk	⁹
Wistar, man/vrouw	902 MHz GSM 1747 MHz DCS	2 uur/d- 5 d/wk- 2 jr Op 6 & 12 mnd	Totale lichaam 0,44, 1,33 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Geen effect op tumorincidentie	Geen effect	Geen effect	²¹
Wistar, man	970 MHz CW 970 MHz GSM 9,70 GHz CW	2 uur/d- 7 d/wk- 21 mnd Op 3, 8, 11, 14, 18 mnd	Totale lichaam 0,08	Vrij bewegend	Onvolledige analyse	Verhoogde mortaliteit bij 9,70 GHz	Variabele effecten	¹
<i>Muizen</i>								
RFM, vrouw	800 MHz	2 uur/d; 5 d/wk; 35 wk Wekelijks, na 4 wk ~maandelijks	Totale lichaam 43 mW/cm ²	Opgesloten	Niet bepaald	Geen effect	Schommelingen, geen significant effect op aantal rode, witte bloedcellen, hematocriet, hemoglobine	²²
CD-1, vrouw	2,45 GHz	1 uur/d; 5 d/wk; levenslang	Totale lichaam 2 of 6,8	Opgesloten	Niet bepaald	Lagere overleving bij SAR=6,8 W/kg	Niet bepaald	¹⁰
DBA2 of Swiss, vrouw	60 GHz	30 min/d; 5 d/wk; levenslang	Totale lichaam 0,31	Opgesloten	Geen effect op L1210 of Lewis-tumoren in DBA2	Geen effect in Swiss tot 231 d	Niet bepaald	²³
C57BL/6Ntac muizen, vrouw	898,4 MHz GSM	1 uur/d; 5 d/wk; 104 wk	Totale lichaam 0,25, 1,0, 2,0 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Geen effect op tumorincidentie	Geen effect	Niet bepaald	²⁴

Dieren	Type EM veld	Duur blootstelling/ tijdstip bloedafname	SAR (W kg ⁻¹)	Opgesloten/ vrij	Effect tumor	Effect overleving	Effect bloedcellen	Ref.
B6C3F1, man/vrouw	902 MHz GSM 1747 MHz DCS	2 uur/d; 5 d/wk; 2 jr Op 12 mnd	Totale lichaam 0,4, 1,3 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Geen effect op tumor-incidentie	Geen effect	Geen effecten op verschillende parameters	25
B6C3F1, man/vrouw	902 MHz GSM 1747 MHz DCS	2 uur/d; 5 d/wk; 2 jr	Totale lichaam 0,4, 1,3 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Niet bepaald	Niet bepaald	Geen effect op micronuclei in perifeer bloed- erythrocyten	26
C57BL, man/vrouw	849 MHz 1763 MHz	1 uur/d; 5 d/wk; 6 of 12 mnd	Kop 7,8	Opgesloten (caroussel)	Geen effect op lichaamsge- wicht of cellulaire parameters hersenen	Niet bepaald	Niet bepaald	27
<i>Muizen, verhoogde incidentie tumoren</i>								
E μ -Pim1, vrouw	900 MHz GSM	2x 30 min/d; 7 d/wk; 18 mnd	Totale lichaam 0,13- 1,4	Vrij bewegend (5/kooi)	2-voudige toename incidentie lymfomen	Niet bepaald	Niet bepaald	28
E μ -Pim1	898,4 MHz GSM	1 uur/d; 5 d/wk; 104 wk	Totale lichaam 0,25, 1,0, 2,0 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Geen effect op tumorincidentie	Geen effect	Niet bepaald	24
E μ -Pim1, man/vrouw	900 MHz GSM	1 uur/d; 7 d/wk; 18 mnd Op 12 en 18 mnd	Totale lichaam 0,5, 1,4 of 4,0	Opgesloten (reuzenrad)	Geen effect op incidentie lymfomen. Meer Harderiangland adenomen in mannen maar niet in vrouwen	Verlaagd, alleen bij 0,5 W/kg significant	Geen effecten op verschillen- de parameters	12
AKR/J, vrouw	900 MHz GSM	24 uur/d; 7 d/wk; 10 mnd Maandelijks vanaf 6 mnd	Totale lichaam 0,4	Vrij bewegend (6-7/kooi)	Geen effect op lymfomen	Geen effect	Geen effecten op differentiële telling leukocyten	29
AKR/J, vrouw	1,966 GHz UMTS	24 uur/d; 7 d/wk; 35 wk Twee keer per maand vanaf 6 mnd	Totale lichaam 0,4	Vrij bewegend (6-7/ kooi)	Geen effect op lymfomen	Geen effect	Geen effecten op differentiële telling leukocyten	30

Dieren	Type EM veld	Duur blootstelling/ tijdstip bloedafname	SAR (W kg ⁻¹)	Opgesloten/ vrij	Effect tumor	Effect overleving	Effect bloedcellen	Ref.
C3H/HeA, vrouw	2,45 GHz CW	2 uur/d; 6 d/wk; 10.5 mnd	Totale lichaam ±2-3 of ±6-8	Vrij bewegend (10/ kooi)	Versnelde ontwikkeling tumoren	Lagere overleving door vorming mammatumoren	Niet bepaald	11
C3H/HeJ, vrouw	435 MHz gepulsd	22 uur/d; 7 d/wk; 21 mnd	Totale lichaam 0,32	Vrij bewegend (1/ kooi)	Geen effect op tumorincidentie	Geen effect	Niet bepaald	31
C3H/HeJ, vrouw	2,45 GHz CW	20 uur/d; 7 d/wk; 78 wk	Totale lichaam 0,3	Vrij bewegend (1/ kooi)	Geen effect op tumorincidentie, behalve lagere incidentie alveolair-bronchiolaire adenomen in de longen	Geen effect	Niet bepaald	32
C3H/HeJ, vrouw	2,45 GHz CW	20 uur/d; 7 d/wk; 78 wk Op 18 mnd	Totale lichaam 1,0	Vrij bewegend (1/ kooi)	Geen effect op tumorincidentie	Geen effect	Geen effect op micronuclei in perifere bloed erythrocyten	33,34
Ico:IFO (I.O.P.S. Caw), vrouw	800 MHz GSM	1 uur/wk; 4 mnd	Totale lichaam blootgesteld, SAR niet bepaald	Vrij bewegend	Versnelling tumorvorming	Versnelde sterfte	Niet bepaald	13

CDMA: Code division multiple access

CW: Continuous wave

CNS: Central nervous system

DCS: Digital personal communication system

FDMA: Frequency division multiple access

FM: Frequentie modulatie

GSM: Global system for mobile communication

MiRS: Motorola integrated radio services

NADC: North American digital cellular

SAR: Specific absorption rate

