



Gezondheidseffecten van UMTS

Rinne De Bont en Prof. Dr. N. van Larebeke

Luik I: Beleidsondersteuning

Gezondheidseffecten van UMTS

1 Inleiding

UMTS staat voor Universal Mobile Telecommunications System en is de opvolger van de GSM techniek. UMTS behoort tot de derde generatie van de mobiele communicatiesystemen terwijl GSM tot de tweede generatie behoort. UMTS moet het mogelijk maken om naast spraak een veelheid aan datacommunicatietoepassingen, die vast ook beschikbaar zijn, mobiel toegankelijk te maken. Hierbij moet worden gedacht aan internettoegang, e-mail, fax, videotelefonie en amusementsdiensten als muziek en video. Het verschil tussen GSM en UMTS zit hem in de hogere snelheid en in de wijze waarop de golven, de frequenties, in stukjes worden 'opgedeeld'. Door de hogere bitsnelheid, tot 2 Mbit/s (vgl. GSM heeft een snelheid van 14.4 kbits/s), moet dit alles plaatsvinden met een kwaliteit die vergelijkbaar is met het vaste net. Om deze hoge transmissiesnelheden te garanderen moeten er duizenden basisstations (antennes, zenders) geplaatst worden in België. In eerste instantie worden de UMTS-basisstations bijgeplaatst op de reeds bestaande GSM-masten maar er zullen ook nieuwe masten geplaatst worden. Per mast worden er meestal drie basisstations opgehangen, één voor elke sector (hoek van 120 graden).

GSM's en GSM-masten en UMTS zenden radiofrequente (RF) straling uit (3kHz-300GHz). Deze straling behoort samen met bijvoorbeeld straling van hoogspanningskabels en x-stralen tot het elektromagnetische spectrum. X-stralen hebben extreem hoge frequenties waarbij er voldoende energie vrijkomt om chemische bindingen te breken (ionisatie). Zo kan het DNA worden geschaad wat mogelijk kan leiden tot kanker of geboortedefecten. GSM- en UMTS-straling heeft een lagere frequentie waardoor de vrijkomende energie niet voldoende is om chemische bindingen te breken. Deze straling is dus niet-ioniserend. Alle stralen van het spectrum worden gekenmerkt door hun frequentie. Hoe hoger de frequentie, hoe korter de afstand tussen twee golven en hoe groter de energie in het veld. De straling afkomstig van elektrische stroom bedraagt bijvoorbeeld 50 Hz, AM radio heeft een frequentie van ongeveer 1 MHz, FM radio heeft een frequentie van ongeveer 100 MHz, microgolfovens hebben een frequentie van 2450 MHz en X-stralen hebben er één van meer dan 1 miljoen MHz. GSM's opereren in België bij 900 MHz en/of 1800 MHz. De frequentie van de straling ligt voor UMTS op 2200 MHz.

2 Blootstelling aan UMTS

Iedereen wordt gedurende de hele dag blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische straling. Niet alleen aan UMTS of GSM maar ook via radio, televisie, microgolfoven of beveiligingsapparatuur van woningen. UMTS-zendmasten stralen, net als GSM-masten, steeds recht voor zich uit, onder een hoek van minder dan 10 graden naar beneden gericht. De blootstelling van de mens aan mobiele telefoontoestellen en aan basisstations is heel verschillend. De RF-blootstelling van een mobiele telefoongebruiker is, op het moment van gebruik, véél hoger dan de blootstelling van een persoon aan straling van de zendmast (8 seconden bellen met een toestel komt ongeveer overeen met gedurende een hele dag op 100 m voor een zendmast staan). Het probleem dat bij basisstations vooral aangekaart wordt, is dat deze masten continu elektromagnetische straling uitzenden en de bevolking er 24

uur op 24 aan blootgesteld wordt of men nu wel een gebruiker is van een mobiele telefoon of niet.

3 Gezondheidseffecten van UMTS

Onderzoek naar de effecten van UMTS blootstelling bevindt zich momenteel in een heel vroeg stadium. Hoewel de frequentie van UMTS niet onnoemelijk veel hoger ligt van die van GSM kunnen beide door hun zeer groot verschil in snelheid, niet vergeleken worden. De eventuele gezondheidseffecten van UMTS kunnen dus mogelijks verschillen van die van GSM. Hieronder toch nog een synthese van de gezondheidseffecten van GSM-straling.

3.1 Gezondheidseffecten van GSM's en GSM-masten

RF-straling kan thermische effecten teweegbrengen. Grote hoeveelheden radiofrequente energie kan weefsels opwarmen waardoor ze schade kunnen oplopen en waardoor de lichaamstemperatuur kan verhogen. De ogen en de testes zijn hier bijzonder gevoelig voor want de relatief beperkte bloedtoevoer verhindert er de afvoer van overtollige warmte. De hoeveelheid radiofrequente straling waaraan men door GSM's en hun antennes wordt blootgesteld is te laag om een significante opwarming van de weefsels te veroorzaken. Eén studie echter toonde aan dat een blootstelling van 30 minuten aan een 900 MHz GSM een toename van de huidtemperatuur tot gevolg heeft (maximale toename: 2.3 ± 0.2 °C na 6 min.) (Paredi P *et al.*, 2001). Van Leeuwen *et al.* (1999) berekenden ook dat een 915 MHz antenne met een gemiddeld zendvermogen van 0.25 W (equivalent van een typisch GSM-telefoontoestel), die naast het hoofd gehouden wordt, een SAR van ongeveer 1.6 W/kg veroorzaakt in de hersenen met een maximale temperatuurstijging van 0.11 °C tot gevolg.

Er zijn nog niet zo'n sluitende gegevens over de niet-thermische effecten van een langdurige blootstelling aan radiofrequente straling. In de tabel helemaal onderaan staat een uitgebreid overzicht van de studies i.v.m. de gezondheidseffecten van GSM-straling. De laatste jaren werd wel aangetoond dat GSM straling de genexpressie kan beïnvloeden (Czyz *et al.*, 2004). Zo toonden Pacini *et al.* (2002) aan dat blootstelling van menselijke huidfibroblasten *in vitro* resulteerde in een toegenomen expressie van mitogenetische signaal transductie genen, celtgroei inhibitoren en genen die apoptose controleren. Voor antennes kwamen verschillende panels van wetenschappelijke experts tot het besluit dat GSM-antennes geen risico vormen voor de gezondheid aangezien de blootstellingswaarden kleine fracties zijn van de normen (UK Independent Expert Group on Mobile Phones, Royal Society of Canada, US Institute of Electrical and Electronics Engineers, US Food and Drug Administration, US Federal Communications Commission, de Nederlandse Gezondheidsraad, Belgische Hoge Gezondheidsraad). Er kan tot op heden echter nog niet met zekerheid gezegd worden of GSM-straling of de straling uitgezonden door de basisstations een invloed hebben op de gezondheid, vooral omdat men nog geen langetermijneffecten kan bestuderen. De meeste studies die tot hiertoe werden gedaan spreken een effect op de gezondheid tegen. Ofwel is er geen effect en is het statistisch gezien niet meer dan normaal dat op honderd studies enkele toevallig toch positief uitvallen. Ofwel is er wel degelijk een effect, maar is dit zo klein dat het bijna niet aan te tonen is.

3.2 Gezondheidseffecten van UMTS

Onderzoek naar de effecten van UMTS blootstelling bevindt zich momenteel in een heel vroeg stadium. Volgende studies konden teruggevonden worden:

EMFNear:

EMFNear is een Europees exploratorisch project die de effecten van UMTS telefoons op het gehoor van mensen en dieren gaan testen. Het gehoor is een zeer gevoelig biologisch systeem. Dit onderzoek is gestart op 15 december 2004 en zal 30 maanden in beslag nemen.

TNO studie (2003):

De TNO studie werd opgezet om te bepalen of blootstelling aan elektromagnetische velden van het type geassocieerd met mobiele telefonie en van de sterkte gevonden in de dagelijkse leefomgeving van de mens van invloed is op het welzijn en de cognitieve functies. De testpersonen werden blootgesteld aan elektromagnetische velden geproduceerd door GSM en UMTS antennes. De blootstelling gebeurde in speciale kamers ontwikkeld om elektromagnetische velden van externe oorsprong buiten te sluiten. De effectieve veldsterkte waaraan de proefpersonen werden blootgesteld was 0.7 V/m wanneer GSM velden werden ontwikkeld en 1 V/m wanneer het ging over UMTS velden. Gedurende de sessie werden tests uitgevoerd om cognitieve functies te meten en na de sessie moest een vragenlijst beantwoord worden in verband met het welzijn tijdens de sessie. De proefpersonen werden ingedeeld in twee groepen. Groep A bestond uit individuen die meldden symptomen te vertonen die ze toeschreven aan het leven in de nabijheid van een antenne. De tweede groep bestond uit vrijwilligers zonder deze symptomen. De resultaten van de cognitieve testen vertoonden geen duidelijk patroon. Blootstelling aan GSM elektromagnetische velden (900 en 1800) had geen effect op het welzijn in beide groepen. Blootstelling aan een UMTS signaal vertoonde echter wel een kleine maar statistisch significante toename in de welzijnsscore geobserveerd in beide groepen maar vooral in de eerste (een hogere score indiceert een vermindering van het welzijn).

Er volgden een heel aantal commentaren op de kwaliteit van deze studie. De Nederlandse Gezondheidsraad nam de studie onder de loep en concludeerde dat de TNO studie van goede kwaliteit was, zowel in termen van opzet als van uitvoering. De Raad had echter wel een aantal commentaren met betrekking tot de interpretatie van de gegevens:

- Het statistisch significant effect dat de studie vond van UMTS signalen op het welzijn werd gevonden na amper een half uur blootstelling aan een relatief hoge veldsterkte. In de praktijk zijn de veldsterktes van UMTS antennes lager en worden individuen in de nabijheid ervan constant blootgesteld.
- De validiteit van de vragenlijst zou moeten worden geverifieerd.
- De twee onderzochte groepen verschillen in samenstelling en kunnen dus niet direct met elkaar worden vergeleken. Het is dus onmogelijk om te zeggen of een bepaald effect waargenomen in beide groepen hetzelfde is of niet.
- Er werd niet nagegaan of de testpersonen de blootstelling effectief konden waarnemen of niet (of dachten die te kunnen waarnemen).
- Is een vermindering in 'welzijn' wel een duidelijke maat voor schadelijke gezondheidseffecten?

Schmid et al. (2005):

Schmid et al. (2005) bestudeerden de effecten van UMTS op menselijke cognitieve functies met de focus op visuele perceptie. Ze stelden proefpersonen bloot aan 2 verschillende niveaus straling (0.63 W/kg en 0.37 W/kg voor hoge blootstelling en 10 keer lager voor lage blootstelling) en aan geen straling. Tijdens deze blootstellingen werden bepaalde proeven uitgevoerd. Hun resultaten indiceren dat EMF blootstelling die kan verwacht worden van mobiele telefoons van de derde generatie geen significante effecten hebben op de onderzochte parameters van menselijke visuele perceptie. Hun resultaten staan in contrast met deze van de TNO studie. Ze melden ook dat hun studie enkel acute effecten bestudeerden en dat er geen conclusies getrokken kunnen worden i.v.m. de mogelijke effecten na lange-termijn blootstelling.

Franke et al. (2005):

Ze stelden microvasculaire endotheelcellen van varkenshersenen bloot aan UMTS straling gedurende 1-3 dagen (3.4-34 V/m, 0.02-1.64 W/kg). Gebaseerd op hun bevindingen, concludeerden ze dat EMF-straling afkomstig van mobiele telefoons van het UMTS-netwerk geen substantiële schade toebrengen aan de bloed-hersen barrière. De functie van deze barrière is het in stand houden van de homeostase van de cerebrale micro-omgeving, die essentieel is voor neuronale functie en activiteit.

Besluit

Onderzoek naar de effecten van UMTS blootstelling bevindt zich momenteel in een heel vroeg stadium. Hoewel de frequentie van UMTS niet veel hoger ligt dan die van GSM straling kunnen beide door hun zeer groot verschil in snelheid, niet vergeleken worden. Hun mogelijke effecten op de gezondheid kunnen dan ook heel verschillend zijn. Eén recente studie toonde geen effect aan van UMTS op de visuele perceptie bij mensen. Een andere toonde in vitro aan dat UMTS geen substantiële schade toebrengt aan de bloed-hersen barrière. Eén studie toonde tot hertoe wel een effect van blootstelling aan UMTS-antennes. Dit was de TNO studie, uitgevoerd in Nederland in 2003. Blootstelling aan een UMTS signaal vertoonde, in tegenstelling tot GSM straling, een kleine maar statistisch significante afname in het welzijn bij testpersonen. De commentaren op deze laatste studie bleven niet uit en replicatiestudies dringen zich op. Zo'n studie wordt nu uitgevoerd door Zwitserse wetenschappers en gegevens zouden rond deze tijd moeten bekend worden. Duidelijke gezondheidseffecten werden tot op heden nog niet waargenomen maar verdere studies naar de effecten van UMTS zijn noodzakelijk.

Referenties

Anane R, Dulou PE, Taxile M, Geffard M, Crespeau FL, Veyret B (2003) Effects of GSM-900 microwaves on DMBA-induced mammary gland tumors in female Sprague-Dawley rats. *Radiat Res*, 160(4), 492-497.

Aran JM, Carrere N, Chalan Y, Dulou PE, Larrieu S, Letenneur L, Veyret B, Dulong D (2004) Effects of exposure of the ear to GSM microwaves: in vivo and in vitro experimental studies. *Int J Audiol.*, 43(9): 545-554.

Capri M, Scarcella E, Bianchi E, Fumelli C, Mesirca P, Agostini C, Remondini D, Schuderer J, Kuster N, Franceschi C, Bersani F (2004) 1800 MHz radiofrequency (mobile phones, different Global System for Mobile communication modulations) does not affect apoptosis and heat shock protein 70 level in peripheral blood mononuclear cells from young and old donors. *Int J Radiat Biol.*, 80(6), 389-397.

Capri M, Scarcella E, Fumelli C, Bianchi E, Salvioli S, Mesirca P, Agostini C, Antolini A, Schiavoni A, Castellani G, Bersani F, Franceschi C (2004) In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz CW and GSM modulated radiofrequency: studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential. *Radiat Res*, 162(2), 211-218.

Czyz J, Guan K, Zeng Q, Nikolova T, Meister A, Schonborn F, Schuderer J, Kuster N, Wobus AM (2004) High frequency electromagnetic fields (GSM signals) affect gene expression levels in tumor suppressor p53-deficient embryonic stem cells. *Bioelectromagnetics*, 25(4), 296-307.

Diem E, Schwarz C, Adlkofer F, Jahn O, Rüdiger H (2005) Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutat Res*, 583, 178-183.

Dubreuil D, Jay T, Edeline JM (2003) Head-only exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields does not alter rat's memory in spatial and non-spatial tasks. *Behavioural Brain Research*, 145, 51-61.

Franck H, Streckert J, Bitz A, Goeke J, Hansen V, Ringelstein EB, Nattkämper H, Galla HJ, Stögbauer F (2005) Effects of Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) electromagnetic fields on the blood-brain barrier in vitro. *Radiation Res*, 164, 258-269.

Gatta L, Pinto R, Ubaldi V, Pace L, Galloni P, Lovisolo GA, Marino C, Pioli C (2003) Effects of in vivo exposure to GSM-modulated 900 MHz radiation on mouse peripheral lymphocytes. *Radiat Res*, 160(5), 600-605.

Gorlitz BD, Muller M, Ebert S, Hecker H, Kuster N, Dasenbrock C (2005) Effects of 1-week and 6-week exposure to GSM/DCS radiofrequency radiation on micronucleus formation in B6C3F1 mice. *Radiat Res*, 164 (4 Pt 1), 431-439.

Haarala C, Bergman M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, Hamalainen H (2005) Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. *Bioelectromagnetics*, Suppl 7, S144-150.

Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, Stough C (2004) Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clinical Neurophysiology*, 115, 171-178.

Lönn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M, and the Swedish Interphone Study Group (2005) Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am J Epidemiol.*, 161, 526-535.

Nederlandse Gezondheidsraad (2004) TNO study on the effects of GSM and UMTS signals on well-being and cognition. Review and recommendations for further research. www.healthcouncil.nl

Pacini S, Ruggiero M, Sardi I, Aterini S, Gulisano F, Gulisano M (2002) Exposure to global system for mobile communication (GSM) cellular phone radiofrequency alters gene expression, proliferation, and morphology of human skin fibroblasts. *Oncol Res*, 13(1), 19-24.

Preece AW, Goodfellow S, Wright MG, Butler SR, Dunn EJ, Johnson Y, Manktelow TC, Wesnes K (2005) Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children. *Bioelectromagnetics*, Suppl 7, S138-143.

Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR (2003) Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environ Health Perspect*, 111(7), 881-883.

Schmid G, Sauter C, Stepansky R, Lobentanz IS, Zeitlhofer J (2005) No influence on selected parameters of human visual perception of 1970 MHz UMTS-like exposure. *Bioelectromagnetics*, 26, 243-250.

Sommer AM, Streckert J, Bitz AK, Hansen VW, Lerchl A (2004) No effects of GSM-modulated 900 MHz electromagnetic fields on survival rate and spontaneous development of lymphoma in female AKR/J mice. *BMC Cancer*, 4, 77.

TNO studie. Zwamborn APM, Vossen SHJA, Leersum B et al. (2003) 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.

Tuschl H, Novak W, Molla-Djafari H (2005) In vitro effects of GSM modulated radiofrequency fields on human immune cells. *Bioelectromagnetics*, in print.

Tabel : Studies i.v.m. de gezondheidseffecten van GSM-straling (referenties tot 2002 terug te vinden in het rapport 'Gezondheidseffecten van GSM-masten' terug te vinden op www.milieu-en-gezondheid.be).

Stralingsfrequentie	Dosis	Blootstellingsduur	Nagegaan effect	Besluit	Referentie
STUDIES OP DIEREN					
900MHz	VD = 0.1 mW/cm ² SAR = 17.5-70 mW/kg	Continu Bij ratten (3 dezelfde studies van telkens 1 jaar)	Carcinogeen of kankerpromotend effect op 7,12-dimethylbenz[a]anthracene (DMBA)-geïnduceerde borsttumoren	Geen effect: RR = 1.08 (95% CI: 0.91-1.29) and 0.96 (95% CI: 0.85-1.07) voor goedaardige en kwaadaardige tumoren	Bartsch H <i>et al.</i> , 2002
860MHz	SAR = 1.0 W/kg	6 uur/dag, 5 dagen/week, 22 maanden lang bij ratten	Effect op hersentumorincidentie	Geen effect. Ook geen promotend effect op chemisch-geïnduceerde hersenkanker. Geen statistisch significante RF-gerelateerde toename in kanker (algemeen) of specifieke types van kanker (zoals lymphoma).	Zook BC & Simmens SJ, 2001
2450MHz	VD = 2 mW/cm ² SAR = 1.2 W/kg	Gedurende 1 uur voor een trainingssessie (6 sessies). (ratten door doolhof)	Spatiale referentiegeheugen	RF-straling veroorzaakt defecten van het langetermijngeheugen. De RF-blootgestelde ratten waren trager dan niet-blootgestelde bij het leren van een doolhof.	Wang B & Lai H, 2000
900 MHz	SAR = 0.05 W/kg	45 min/dag, gedurende 10 dagen (muizen door doolhof)	Effecten op geleerd gedrag	Geen effect	Sienkiewicz ZJ <i>et al.</i> , 2000
900MHz	SAR = 1-3.5	45 minuten	Spatiaal leren	Geen effect	Dubreuil D <i>et al.</i> ,

	W/kg	(ratten in een doolhof)			2002
900 MHz	VD = 0.1 mW/cm ² SAR = 17.5-75 mW/kg	Continu gedurende de zwangerschap bij ratten	Cognitieve potentie	Geen meetbare cognitieve deficiënties	Bornhausen M & Scheingraber H, 2000
900 MHz en 1800 MHz	SAR = 33.2, 11.0, 3.7, 0 mW/g SAR = 24.9, 8.3, 2.8, 0 mW/g	2 uur per dag: 1 week 6 weken	Micronucleusvorming bij muizen	Geen toegenomen aantal micronuclei in erythrocyten van het beenmerg van periferaal bloed, keratinocyten of in miltlymfocyten in vergelijking met controls	Gorlitz BD et al., 2005
900 MHz	SAR = 1, 2, 4 W/kg	2 maanden, 5 dagen/week, 1 uur/dag	Oren van cavia's	Geen effecten op het binnenoor en op gehoorswegen	Aran JM et al., 2004
900 MHz	SAR = 1 of 2 W/kg	2 uur/dag, 1,2 of 4 weken	Miltlymfocyten bij muizen	Geen invloed op T- en B- cellen en het is onwaarschijnlijk dat er een klinisch relevant effect optreedt op het immuunsysteem.	Gatta L et al., 2003
900 MHz	SAR = 3.5, 2.2, 1.4 W/kg SAR = 1.4, 0.7, 0.1 W/kg	9 weken, 5 dagen/week, 2 uur/dag	Effecten op DMBA- geïnduceerde borsttumoren bij ratten	Geen co-promotend effect	Anane R et al., 2003
900 MHz	VD = 0.24, 2.4 en 24 W/m ² SAR = 2, 20 en 200 mW/kg	2 uur	Effecten op hersenen van ratten	Neuronale schade in de cortex, hippocampus en basale ganglia	Salford LG et al., 2003
900 MHz	SAR = 1 en 3.5 W/kg	45 min	Effecten op herinnering van ratten	Geen effect	Dubreuil D et al., 2003
900 MHz	SAR = 0.4 W/kg	24 uur/dag, 7	Lymfoma ontwikkeling bij	Geen effect. Ook geen	Sommer AM et

		dagen/week	muizen	effect op overleving	al., 2004
STUDIES OP MENSEN					
In vivo					
900MHz	GSM-dosis	30 minuten	Huidtemperatuur, nasale NO, nasale minimale 'cross-sectional area' (MCA = doorsnede van de neusopening)	Toename in huidtemperatuur (en dus vasodilatatie) van de neusvleugel en occipitale zone aan de kant van de telefoon (maximale toename: 2.3 +/- 0.2 °C na 6 min), een tendens voor hogere nasale NO-concentratie aan de kant van de telefoon (maximale toename: 12.9 +/- 4.9% na 10 min), significante afname van de MCA aan beide kanten (maximale afname: -27 +/- 6% na 15 min)	Paredi P <i>et al.</i> , 2001
900 MHz	GSM-dosis (blootstelling gebeurde door het gebruik van een GSM)	2 uur/dag, 5 dagen/week, gedurende 1 maand	Concentraties van serum adrenocorticotropine, thyrotropine, groeihormoon, prolactine, luteïniserend hormoon en follikel stimulerend hormoon	Alle concentraties bleven binnen normale fysiologische grenzen. Er was alleen een statistisch significant verschil in thyrotropineconcentratie (21 % afname).	De Seze R <i>et al.</i> , 1998
900MHz, 1800MHz	GSM-dosis	2 uur/dag, 5 dagen/week, gedurende 1 maand	Effect op de melatoninesecretie	Geen verandering van het circadiane melatonineprofiel.	De Seze R <i>et al.</i> , 1999
900MHz	VD = 1W/m ²	20x een periode van 4 uren van blootstelling	Effect op concentraties van salivary melatonine,	Geen significant effect	Radon K <i>et al.</i> , 2001

		en niet-blootstelling, gelijk verdeeld over dag en nacht.	cortisol, neopterine en immunoglobuline A		
900MHz	GSM-dosis	5 minuten 6 minuten	Effect op de visuele mogelijkheden Effect op het geheugen en de aandacht	Geen effect Geen effect	Hladky A <i>et al.</i> , 1999
900 MHz	Mobiele telefoon	Gedurende de tests	Cognitieve functies van 10 tot 14-jarigen	Geen effect	Haarala C <i>et al.</i> , 2005
900 MHz	Mobiele telefoon	Gedurende de tests	Cognitieve functies van 10-12-jarigen	Geen effect	Preece AW <i>et al.</i> , 2005
900 MHz	SAR = 0.87 W/kg	1.5 uur	Effect op neuronale activiteit gedurende gehoorstest	Er kan een effect zijn op neurale activiteit, vooral in de nabijheid van de telefoon.	Hamblin DL <i>et al.</i> , 2004
In vitro					
900MHz	Vermogens = 0, 2, 8, 15, 25, 50 W SAR = 0-10 W/kg	continuous, pseudo-random and dummy burst van GSM-straling alleen of in combinatie met het mutagen mitomycin C op met X-rays	Cytogenetische effecten d.m.v. chromosoom aberratie en 'sister chromatid exchange' frequentie methoden op menselijke lymfocyten	Geen indicatie voor een mutageen, comutageen of synergistisch effect	Maes A <i>et al.</i> , 2001
1800 MHz	SAR = 1.2 of 2 W/kg	4, 16 en 24 uur; 5 min af, 5 min aan	DNA breuken in menselijke fibroblastcellen en rat granulosa cellen	DNA breuken in beide celtypes na 16 uur	Diem E <i>et al.</i> , 2005
1.748 GHz	SAR = 5 W/kg	15 minuten	modificatie van celproliferatie-kinetiek en/of genotoxische effecten, door het evalueren van de cytokinese-blok-	Geen effect op celproliferatie-kinetiek. Het micronucleus-frequentieresultaat werd niet beïnvloed door blootstelling aan 'continue	D'Ambrosio G <i>et al.</i> , 2002

			proliferatie-index en de micronucleus frequentie en dit bij in vitro menselijke lymfocyten	golven'. Er werd echter wel een statistisch significant micronucleus-effect gevonden na blootstelling aan een 'phase modulated field'.	
837MHz, 1909,8 MHz	SAR = 1.0-10.0 W/kg	3 of 24 uur	Genotoxiciteit bij menselijke lymfocyten en leukocyten in vitro	Signalen bij een SAR van minstens 5W/kg zijn in staat om chromosomale schade te induceren in menselijke lymfocyten.	Tice RR <i>et al.</i> , 2002
835.62 MHz FDMA of 847.74 MHz CDMA	CDMA: VD = 3.2 of 4.8 W/kg FDMA: VD = 3.2 of 5.1 W/kg	3, 8, 16 of 24 uur	Inductie van micronuclei in C3H 10T(1/2) cellen.	Deze straling kunnen geen micronuclei induceren	Bisht KS <i>et al.</i> , 2002
835.62 MHz	VD = 860 W/m ² RAS = 4.4 of 5.0 W/kg	24 uur	Inductie van chromosomale aberraties en micronuclei in menselijke lymfocyten in vitro.	Geen bewijs (significant) voor de inductie van chromosomale aberraties en micronuclei in menselijke lymfocyten.	Vijayalaxmi <i>et al.</i> , 2001
900 MHz	SAR = 70-76 mW/kg	1 uur/dag, 3 dagen	Effect op menselijke immuuncellen	Geen effect	Capri M <i>et al.</i> , 2004
1950 MHz	SAR = 1 mW/g	5 min AF, 5 min AAN, gedurende 8 uur	Effect op menselijk immuuncellen	Geen effect	Ruschl H <i>et al.</i> , 2005
1800 MHz	SAR = 1.4 en 20 W/kg		Effect op perifere bloed mononucleaire cellen	Geen effect op apoptose, mitochondriale functionaliteit of HSP 70 expressie	Capri M <i>et al.</i> , 2004
Epidemiologisch					
Dagdagelijks GSM-gebruik	Bepaald door vragenlijsten	Enkele jaren (tot 10 jaar)	Is het gebruik van een GSM geassocieerd de prevalentie van	Er werd geen verhoogd risico waargenomen op het ontwikkelen van	Hardell L <i>et al.</i> , 1999.

			hersentumoren? 209 patiënten met een hersentumor en 425 controls werden beschouwd (case-control).	hersenkanker door het gebruik van een GSM (Voor het digitale GSM-systeem: OR = 0.97, CI = 0.61-1.56 en voor het analoge NMT systeem OR = 0.94, CI = 0.62-1.44. Niet-significante toename van de incidentie van hersenkanker van de temporale, occipitale en temporoparietale lobben aan de kant waar de telefoon wordt gebruikt (rechterkant: OR = 2.45, CI = 0.78-7.76, linkerkant OR = 2.40, CI = 0.52-10.9). Dit gold enkel voor de analoge telefoons en niet voor de digitale die momenteel vooral gebruikt worden.	
Dagelijks GSM-gebruik	GSM dosis, gecategoriseerd ngl regelmatigheid van gebruik	Gecategoriseerd: van 5 tot meer dan 10 jaren	Hersentumorrisico: 644 cases en 674 controls	Geen effect	Lönn S et al., 2005
Dagdagelijks GSM-gebruik	GSM-dosis	Enkele jaren (tot 4 jaar)	Vormt het gebruik van een GSM een risico op hersenkanker. 469 patiënten met een hersentumor en 422 controls werden	Niet-frequente gebruikers (<0.72 u/maand): OR = 1.0 (95% CI, 0.5-2.0) frequente gebruikers (>10.1 u/maand): OR = 0.7 (95% CI, 0.3-1.4)	Muscat JE et al., 2000

			beschouwd (case-control).	Er werd geen associatie aangetoond tussen hersenkanker en de duur van het gebruik. cerebrale tumoren traden frequenter (maar niet-significant) op aan de zijde van het hoofd waar de telefoon werd gebruikt (26 vs 15 patiënten; $P = 0.06$), maar een tumor t.h.v. de temporale lob had meer kans om aan de contralaterale zijde voor te komen (9 vs 5 patiënten; $P = 0.33$) De OR was < 1.0 voor alle histologische categorieën van hersenkanker behalve voor neuroepitheliomas (OR, 2.1; 95% CI, 0.9-4.7).	
Dagdagelijks GSM-gebruik	GSM-dosis	Nooit, zelden of meer dan 100 uur.	Invloed van GSM-gebruik op hersenkanker: 782 patiënten: 489 met histologisch bevestigde glioma, 197 met meningioma, 96 met acoustische neuroma en 799 controls (case-control)	Geen associatie tussen GSM-gebruik en kans op hersenkanker: glioma: RR = 0.9 (95% CI, 0.5-1.6), meningioma: RR = 0.7 (95% CI, 0.3-1.7), acoustische neuroma: RR = 1.4 (95% CI, 0.6-3.5), en alle types gecombineerd: RR = 1.0 (95% CI, 0.6-1.5). Men kon niet bewijzen dat	Inskip PD <i>et al.</i> , 2001

				het risico hoger was voor personen die meer dan 60 minuten per dag hun GSM gebruikten. Tumoren kwamen niet vaker voor aan de kant waar de telefoon wordt gebruikt.	
--	--	--	--	---	--