

Algemene verspreiding

(Contract 051852)

Persoonlijke exposimetrie voor het bepalen van de binnenhuisblootstelling van kinderen aan ELF, VLF en RF elektromagnetische velden afkomstig van interne en externe bronnen

Eindrapport

Gilbert Decat, Leo Deckx en Ulrike Maris

**Studie uitgevoerd in opdracht van het departement Leefmilieu, Natuur en
Energie (LNE) - dienst Milieu & Gezondheid**

2008/IMS/R/93



VITO

APRIL 2008

INHOUDSTABEL

1	INLEIDING.....	10
2	DOEL VAN DE MEETCAMPAGNE.....	12
3	ENKELE BELANGRIJKE BASISBEGRIPPEN.....	13
3.1	Elektromagnetisch veld	13
3.2	Elektromagnetisch frequentiespectrum.....	14
3.3	Binnenhuisblootstelling aan elektromagnetische velden	14
3.4	Wanneer het elektrisch en magnetisch veld afzonderlijk evalueren?	
		15
3.4.1	ELF-velden	16
3.4.2	VLF-velden	16
3.4.3	RF-velden.....	16
3.5	Beste schatter van de werkelijke blootstelling	17
4	NORMEN EN RICHTLIJNEN.....	19
4.1	Belgische wetgeving	20
4.1.1	Blootstellingsnorm voor ELF-velden	20
4.1.2	ELF-kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu.....	20
4.1.3	Blootstellingsnorm voor VLF-velden	21
4.1.4	Radiofrequentievelden (RF-velden)	22
4.1.4.1	Norm voor enkelvoudige frequenties	22
4.1.4.2	Norm voor samengestelde frequenties	22
4.2	Internationale richtlijnen en aanbevelingen	23
4.2.1	Referentieniveaus van de Raad van Europa (1999) en ICNIRP (1998).....	23
4.2.2	Emissienorm voor het GSM-handtoestel.....	23
4.2.3	Radio- en eindapparatuur.....	23
5	0,4 µT PROBLEMATIEK ROND KINDERLEUKEMIE.....	25
6	MATERIAAL EN METHODE	26
6.1	Verloop van de meetcampagne	26
6.2	Registratie van het persoonsgebonden ELF- en RF-veld.....	27
6.2.1	Exposimeters.....	27
6.2.2	Welke velden werden geregistreerd en met welke normen/richtlijnen worden ze vergeleken?	27
6.2.3	Dragen van de exposimeters.....	29
6.2.4	Registratieduur en -parcours	30
6.3	Metten van het plaatsgebonden VLF-veld van beeldschermen	30
6.4	Metten van het elektrisch veld van het GSM-handtoestel.....	32
6.4.1	Simulatiemetingen voor het bepalen van de E-veldsterkte aan het oor.....	32
6.4.2	Metten van de passieve blootstelling tijdens het bellen.....	32
6.5	Elektronische Enquête.....	33
7	MEETRESULTATEN	34
7.1	ELF-blootstelling van het kind.....	34
7.1.1	Bespreking resultaten.....	34
7.1.2	Besluit betreffende de ELF-blootstelling	38

7.2	VLF-blootstelling van het kind door beeldschermen	38
7.2.1	Bespreking resultaten	38
7.2.2	Besluit betreffende de VLF-blootstelling	41
7.3	RF-blootstelling	42
7.3.1	RF-blootstelling door externe en interne bronnen.....	42
7.3.2	RF-veld van GSM- en DECT handtoestellen.....	53
8	ALGEMEEN BESLUIT	63
9	AANBEVELINGEN	64
10	BIJLAGEN:.....	65
10.1	Specificaties van de gebruikte meetapparatuur	65
10.2	Elektronische enquête i.v.m. EMV-bronnen	68
10.3	Kenmerken van niet-ioniserende straling (NIS).....	71
10.4	Afkortingen en woordverklaringen.....	74
10.4.1	Afkortingen.....	74
10.4.2	Woordverklaringen.....	75
10.5	Fact sheets of the world health organization: Electromagnetic fields and public health	77
10.5.1	Exposure to extremely low frequency fields (Fact Sheet N° 322, June 2007) ..	77
10.5.2	Base stations and wireless technologies (Fact Sheet N° 304, May 2006)	80
10.5.3	Effects of EMF on the Environment (Information Sheet, February 2005).....	84
10.5.4	Intermediate Frequencies (IF) (Information Sheet, February 2005)	88
10.5.5	ICNIRP STATEMENT ON EMF-EMITTING NEW TECHNOLOGIES	92
10.6	Lijst met relevante websites	111
10.6.1	Algemene informatie over niet-ioniserende elektromagnetische straling:	111
10.6.2	Instellingen voor telecommunicatie:	111
11	LITERATUURLIJST	112

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: RF-blootstellingsbronnen, overeenkomstige frequentiebanden en golflengten.....	15
Tabel 2: Referentieniveau voor het E-veld in België.....	20
Tabel 3: MPR II en TCO voor het VLF elektrisch en magnetisch veld	21
Tabel 4: Referentieniveau van Belgische RF-norm	22
Tabel 5: Referentieniveaus van de raad van Europa (1999/519/EC) en ICNIRP(1998).....	23
Tabel 6: Steekproefgrootte.....	26
Tabel 7: Toepassingen, RF-frequentiebanden en blootstellingsnormen.....	28
Tabel 8: Logformulier voor plaats- en tijdsbepaling van de blootstelling.....	30
Tabel 9: Resultatentabel voor VLF-velden.....	31
Tabel 10: Blootstellingsstatistieken voor 1 van de 77 kinderen.....	35
Tabel 11: Populatieparameters van de blootstelling	36
Tabel 12: E- en B-veld op 30 cm van PC- en TV-scherm.....	39
Tabel 13: Kenmerken van draadloze systemen	42
Tabel 14: Toepassingen, RF-frequentiebanden en blootstellingsnormen.....	43
Tabel 15: Gedetailleerde blootstellingsstatistieken.....	47
Tabel 16: Maximaal E-veld (V/m) op verschillende afstanden van het GSM-handtoestel.....	55
Tabel 17: Specificaties van Standard EMDEX LITE ELF Monitor	65
Tabel 18: Specificaties EME SPY 120.....	66
Tabel 19: Specificaties van HI-3603 VLF-meter	66
Tabel 20: Specificaties van Fieldcop dienstenspectrometer	67

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Schematische voorstelling van elektromagnetisch veld	13
Figuur 2: Elektromagnetisch frequentiespectrum.....	14
Figuur 3: EMDEX LITE exposimeter	27
Figuur 4: EME SPY 120 exposimeter	27
Figuur 5: Dragen van exposimeters	29
Figuur 6: HI-3603 VLF-meter	31
Figuur 7: Opstelling voor het meten van het E-veld van het GSM-handtoestel.....	32
Figuur 8: Persoonsgebonden B-veld.....	35
Figuur 9: Histogram van mediane binnenshuisblootstelling aan het B-veld	37
Figuur 10: Histogram van maximale binnenshuisblootstelling aan het B-veld	38
Figuur 11: Histogram van het VLF B-veld op 30 cm van het PC-schermb.....	40
Figuur 12: Histogram van het VLF B-veld op 30 cm van het TV-schermb	40
Figuur 13: E- (in V/m) en B-veld (in nT) op willekeurige afstand van het TV-schermb.....	41
Figuur 14: Persoonlijke RF-exposimetrie bij 1 van de 86 deelnemers.....	44
Figuur 15: Omgeving met de meest actuele draadloze systemen	45
Figuur 16: Exposimetrie van 1 van de 86 deelnemers	45
Figuur 17: Blootstellingsstatistieken van de exposimetrie van alle deelnemers per toepassing	46
Figuur 18: Histogram van het DECT E-veld	48
Figuur 19: Histogram van het WIFI E-veld	49
Figuur 20: Histogram van het GSM900-Rx (down link) E-veld.....	50
Figuur 21: Histogram van FM E-veld.....	51
Figuur 22: Cumulatieve frequentieverdeling van het totaal veld	52
Figuur 23: E-veld van 900 MHz uplink	53
Figuur 24: E-veld van 1800 MHz uplink	53
Figuur 25: Verdeling van het maximaal E-veld tijdens het bellen	54
Figuur 26: Verdeling van rms E-veld (6' uitmiding) tijdens het bellen	54
Figuur 27: Geobserveerd (GO) en theoretisch verwacht (VW) E-veld versus de afstand tot het GSM-toestel	56
Figuur 28: Geobserveerd (GO) en theoretisch verwacht (VW) E-veld versus de afstand tot het GSM-toestel	56
Figuur 29: Maximaal E-veld op verschillende afstanden van de drie zijden van de GSM	57
Figuur 30: Gemiddeld E-veld (6' rms) op verschillende afstanden van de drie zijden van de GSM.....	58
Figuur 31: Piekveldsterkte van DECT-signaal (bron: VITO, 2007)	59
Figuur 32: E-veld van de geïntegreerde frequentie (bron: VITO, 2007).....	60
Figuur 33: Tijdsverloop van het E-veld van het DECT-toestel op een afstand van 20 cm....	60
Figuur 34: Maximaal E-veld versus afstand tot het DECT-handtoestel tijdens het bellen en niet bellen	61

SUMMARY

[Title: Personal exposimetry for measuring the indoor exposure of children to ELF, VLF and RF fields generated by internal and external electromagnetic field sources]

As a consequence of the public and governmental concern about the EMF-exposure and possible risks, the lack of data about the issue and the encouragement by WHO for the EMF exposure by children, the Environment & Health Unit of the Environment, Nature and Energy Department (LNE) of the Flemish Government ordered a study by VITO for assessing the residential indoor ELF-, VLF and RF-exposure by means of personal exposimetry.

Whereas the ELF- and RF-exposure of the children was assessed by means of personal exposimetry, the VLF-exposure was performed by means of spot measurements at different distances from the PC- and TV screens. For what about the personal exposimetry each of the somewhat 90 children who participated in the survey simultaneously carried both an ELF magnetic field EMDEX Lite and an RF electric field Antennessa personal exposimeter during one evening. The VLF spot measurements were made by means of the Holaday set at a 30 cms' distance from the PC and the TV respectively and at the place where the children are normally sitting while watching TV.

As for the results, the ELF exposimetry showed that the personal exposure of the children was weak as compared to the reference levels of the recommendations of the Council of Europe (1999/519/EC), the Flemish 0.2 μT quality standard for indoor environment and the epidemiological 0.4 μT cut-off point for a possible relation with childhood leukaemia if a cause to effect relationship should exist. Concerning the spot measurements of the VLF electric and magnetic field of the TV- and PC-screens respectively, it was concluded that all observed field strengths were in compliance with the VLF reference level of the 1999/519/EC recommendation and consequently no special advise had to be given about this issue.

The personal RF-exposimetry of the children showed that the RF-levels generated by the internal wireless sources (DECT, GSM-Tx-Rx, WIFI, GPS, microwave oven) and the external sources (Radio & TV, GSM, UMTS, TETRA, i-city WIFI) was very weak: the sample maximum of the total E-field of the applications was 0,6 V/m. As for the RF-fields from the GSM- and DECT handsets it was shown on base of the comparison between observed and expected E-fields that there is a perfect fit between the measured and calculated E-field strength in the far-field but there is a big discrepancy between the observed and expected E-field strength once one enters the near-field. In this respect it was shown that the strength of the E-field at the ear cannot be simulated by fixing the handheld on the measurement probe of the spectrum analyser.

In order to define what could be the childhood exposure when someone was using the handheld GSM or DECT, we also studied the passive RF-exposure of the child. The conclusion was that the passive RF-exposure within a radius of 1.60 m is substantially higher than the one of the total field generated by all the indoor and outdoor wireless sources together. Therefore and in the framework of the precautionary principle attention should be paid to the use of the GSM-handheld in close presence of children.

As a general conclusion it can be stated that the personal ELF and RF indoor exposure is in general far more less than the existing exposure limits and opinions often expressed by

newspaper and other communication media whose information is probably often based on spot measurements very close to the emission source(s). From the VLF-fields generated by TV- and PC-screens no health problems are to be expected.

SAMENVATTING

In antwoord op de bezorgdheid van het algemene publiek en de beleidsinstanties i.v.m. de blootstelling aan en de mogelijke risico's van EMF's (elektromagnetische velden), het ontbreken van gegevens over dit onderwerp en de aanmoediging door de WHO voor wat betreft de blootstelling van kinderen aan EMF's heeft de dienst Milieu & Gezondheid van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) van de Vlaamse overheid bij VITO een studie besteld met als opdracht de residentiële binnenhuis ELF-, VLF- en RF- blootstelling te onderzoeken door gebruik te maken van persoonlijke exposimetrie.

Terwijl de ELF- en RF-blootstelling van de kinderen werd onderzocht door middel van persoonlijke exposimetrie, werd het onderzoek naar VLF-blootstelling uitgevoerd door middel van ogenblikkelijke puntmetingen op verschillende afstanden van de PC- en TV-schermen. Voor wat de persoonlijke exposimetrie betreft, droeg elk van de ongeveer 90 kinderen die aan het onderzoek deelnamen gedurende een avond tegelijkertijd een ELF magnetisch veld EMDEX Lite en een RF elektrisch veld Antenna persoonlijke exposimeter. De VLF-metingen werden uitgevoerd door gebruik te maken van de Holaday meettoestellen op een afstand van 30 cm van respectievelijk de PC en de TV en op de plaats waar de kinderen gewoonlijk zaten wanneer ze TV keken.

Voor wat de resultaten betreft toonde de ELF exposimetrie aan dat de persoonlijke blootstelling van de kinderen zwak was vergeleken met de referentieniveaus zoals geformuleerd in de aanbevelingen van de Europese Raad (1999/519/EC), de Vlaamse 0.2 μT kwaliteitsnorm voor het binnenhuismilieu en de epidemiologisch 0.4 μT drempelwaarde (cut-off point) voor een mogelijk verband met leukemie bij kinderen indien een oorzakelijk verband tussen beiden zou bestaan. Voor wat betreft de puntmetingen van het VLF elektrisch en magnetisch veld van respectievelijk de PC- en TV-schermen was het besluit dat alle waargenomen veldsterktes in overstemming waren met het VLF-referentieniveau van de 1999/519/EC aanbevelingen en dat bijgevolg over dit onderwerp geen bijzonder advies moest gegeven worden.

De persoonlijke RF-exposimetrie van de kinderen toonde aan dat de RF-niveaus die voortgebracht werden door binnenhuis (DECT, GSM-Tx-Rx, WIFI, GPS, microgolfoven) en buitenhuisbronnen (Radio en TV, GSM, UMTS, TETRA, i-city WIFI) zeer zwak waren: het totale E-veld van alle toepassingen bedroeg maximaal 0.6 V/m. Voor wat betreft de RF-velden afkomstig van de GSM en DECT-handsets werd op basis van de vergelijking tussen waargenomen en verwachte E-velden aangetoond dat er een perfecte overeenkomst is tussen de gemeten en de berekende E-veldsterkte in het verre veld, maar dat er een grote discrepantie is tussen de waargenomen en verwachte E-veldsterkte zodra men het nabije veld betreedt. In dit opzicht werd aangetoond dat de sterkte van het E-veld aan het oor niet kan gemeten worden door simulatie waarbij het handtoestel op de meetsonde van de spectrumanalyser wordt geplaatst.

Om de eventuele blootstelling van kinderen te kunnen bepalen wanneer iemand een handheld GSM of DECT-toestel gebruikt hebben we eveneens de passieve RF-blootstelling van het kind bestudeerd. Het besluit was dat de passieve RF-blootstelling binnen een straal van 1,60 m substantieel hoger is dan de blootstelling van het totale veld dat gegenereerd wordt door alle binnen- en buitenhuis draadloze bronnen samen. Daarom en in het kader van het

voorzorgsprincipe moet men aandacht schenken aan en voorzichtig zijn in het gebruik van GSM handheld toestellen in de korte nabijheid van kinderen.

Als algemeen besluit kan gesteld worden dat de persoonlijke ELF en RF binnenhuisblootstelling in het algemeen veel kleiner is dan de gangbare blootstellingslimieten en drempelwaarden waarbij een epidemiologische maar niet bewezen associatie met een gezondheidseffect zou kunnen optreden. Bovendien zijn de persoonsgebonden blootstellingen veel kleiner en aldus veel minder alarmerend dan door de media verkondigd wordt en waarvan de informatie waarschijnlijk vaak gebaseerd is op ogenblikkelijke puntmetingen zeer dicht bij de emissiebron. Aangezien persoonlijke exposimetrie resultaten levert die rekening houden met de mobiliteit van het kind zijn ze veel representatiever voor de werkelijke blootstelling dan de resultaten die bekomen worden door ogenblikkelijke puntmetingen. Daarom zouden, waar mogelijk, uitspraken, adviezen en beslissingen over blootstelling aan en risico van elektromagnetische velden moeten gebeuren op basis van persoonlijke exposimetrie. In bepaalde gevallen, zoals bij de VLF-velden waarvoor geen persoonlijke exposimeters op de markt zijn, kan men niet anders dan zich baseren op plaatsgebonden puntmetingen. In dit verband wezen de meetresultaten van de VLF-velden van de TV- en PC-schermen uit dat de velden te zwak zijn om gezondheidsproblemen te veroorzaken.

1 INLEIDING

Zowel in hun binnen- als buitenomgeving worden kinderen en volwassenen blootgesteld aan elektromagnetische velden (EMV-en) geproduceerd door bronnen die gebruikt worden voor ver uiteenlopende toepassingen die bepalend zijn voor de kenmerken (frequentie en sterkte van het veld) van de blootstelling [Ref. 1- Ref. 6].

Momenteel stellen we niet alleen een uitbreiding in verscheidenheid van bekabelde, kabelloze, draadloze en beeldschermtoepassingen vast, maar ook een toenemend gebruik van deze toepassingen door alle leeftijdscategorieën zonder dat men een duidelijk beeld heeft van de soort, de grootte en het risico van de betrokken EMV-en.

In het EMV-risicogebeuren vormt het blootstellingsonderzoek (exposure assessment), d.w.z. het bepalen van de soort en de grootte van de blootstelling de eerste lijnszorg en is gebaseerd op de plaats- en/of de persoonsgebonden blootstellingskarakterisatie. Daar waar vandaag een groot literatuuraanbod is aan plaatsgebonden meetgegevens die zich vooral in het frequentiegebied van 0 Hz – 3 GHz situeren is het aanbod aan gegevens over de persoonsgebonden blootstelling schaars en in bepaalde gevallen geheel ontbrekend. Daar waar reeds heel wat literatuurgegevens bestaan over de residentiële persoonsgebonden blootstelling van kinderen in België aan het ELF (extreme low frequency) magnetisch inductieveld dat door elektrische voorzieningen en huishoudelijke toestellen/apparaten gegenereerd wordt [Ref. 7 - Ref. 10] ontbreekt het nog volledig aan gegevens over de persoonsgebonden blootstelling van kinderen aan het RF-veld (radio frequency field) van draadloze toepassingen. Voor wat de blootstelling van het kind aan de VLF-velden (very low frequency fields) van TV- en PC-beeldschermen betreft zijn er noch representatieve plaats- noch persoonsgebonden gegevens voorhanden.

Volgens het “Committee on Identification of Research Needs of the National Research Council Relating to Potential Biological or Adverse Health Effects of Wireless Communications Devices” [Ref. 11], is er dan ook een dringende nood aan het karakteriseren van de blootstelling van foetussen, kinderen, jongvolwassenen en zwangere vrouwen aan RF-velden van draadloze toepassingen. Eind 2007 werd in België de bevolking door viWTA (Vlaams Instituut voor wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek) op basis van een literatuuronderzoek [Ref. 3 en Ref. 12] via de media aangeraden om in het kader van het voorzorgsprincipe alsnog voorzichtig om te gaan met de draadloze technologieën. Ook in 2007 bracht het “Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid” een schoolfolder uit waarin geadviseerd wordt om het gebruik van de GSM te beperken en de kinderen aan te sporen hetzelfde te doen [Ref. 13].

Inspelend op deze noden en acties en het feit dat kinderen volgens het Stewart rapport [Ref. 14] als de meest kwetsbare groep voor RF-straling beschouwd worden omdat ze meer energie per kilogram lichaamsgewicht absorberen dan volwassenen en bovendien een grote cumulatieve blootstelling te verwachten hebben [Ref. 15], werd in deze studie de grootte van de ELF-, VLF- en RF-velden waaraan het kind binnenshuis blootgesteld wordt geregistreerd door middel van persoonlijke exposimetrie en geëvalueerd t.o.v. de gangbare blootstellingsnormen en -richtlijnen op hun risico.

De selectie van de ELF-, VLF- en RF-velden is gebaseerd op het feit dat kinderen binnenshuis blootgesteld worden aan ELF-velden die gegenereerd worden door interne en externe bronnen zoals elektriciteitsvoorzieningen (hoogspanningslijnen, transformatieposten, laag- en hoogspanningscabines) en alle elektrische apparaten en toestellen. Daar kinderen tegenwoordig veel en soms dicht bij het scherm van hun TV en/of PC zitten en ook hierover de gegevens schaars zijn, is het verantwoord om ook de VLF- blootstelling die door deze toepassingen gegenereerd worden te meten en te evalueren. Zoals eerder al aangehaald is er een totaal gebrek aan gegevens over de persoonsgebonden blootstelling van het kind aan de RF-velden binnenshuis en is het registreren van deze velden niet alleen verantwoord maar een must.

Van de ELF- en de RF-velden werd de persoonsgebonden veldsterkte geregistreerd, van de VLF-velden, waarvoor geen individuele exposimeters op de markt zijn, werd respectievelijk het plaatsgebonden elektrisch en magnetisch veld t.o.v. de beeldschermen gemeten.

In hoofdstuk 2 wordt het doel van de studie beschreven en in hoofdstuk 3 wordt een korte toelichting gegeven over de belangrijkste basisbegrippen van dit vakgebied. In een volgende stap worden de blootstellingsnormen waaraan de bekomen resultaten getoetst worden besproken en daarna worden de resultaten toegelicht die ons naar de besluitvorming en eventuele aanbevelingen leiden.

Daar in de internationale literatuur gesproken wordt over “personal exposimetry” zullen wij in het vervolg van de tekst “persoonsgebonden blootstelling” vervangen door “persoonlijke exposimetrie”.

2 DOEL VAN DE MEETCAMPAGNE

Het is de bedoeling de binnenhuisblootstelling van het kind aan elektromagnetische velden afkomstig van zowel buiten- als binnenbronnen op een representatieve wijze te meten en te evalueren. Het hoofddoel van de meetcampagne is nagaan of deze blootstellingen volgens de interpretatie van de huidige en eventueel toekomstige blootstellingsnormen of –richtlijnen risico's inhouden voor de gezondheid van het kind enerzijds en of er al dan niet toepassingsafhankelijke beschermingsmaatregelen moeten genomen worden.

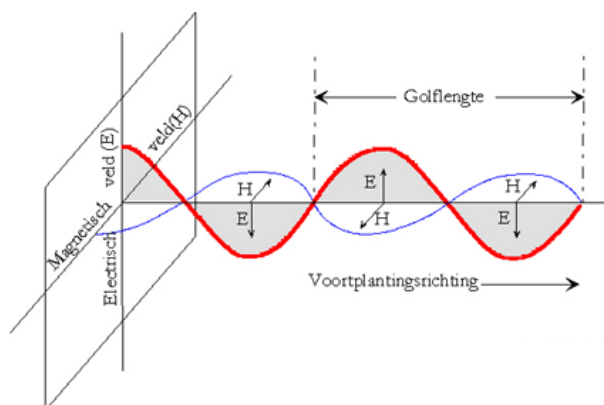
Daar het bepalen van de blootstelling door middel van persoonlijke exposimetrie een epidemiologisch gerichte meetactie is zijn de resultaten van de huidige meetcampagne bruikbaar voor alle epidemiologische onderzoeken die in verband met de blootstelling van het kind op nationaal en internationaal vlak zouden plaatsvinden. Noteer dat het bepalen van de plaatsgebonden blootstelling meestal tot doel heeft de conformiteit van het elektromagnetisch veld aan de betrokken blootstellingsnorm te toetsen. Plaatsgebonden blootstelling is minder bruikbaar voor epidemiologische associaties omdat de werkelijke blootstelling of het deel van de blootstellingsvariatie dat verklaard wordt door de mobiliteit van het individu in kwestie niet in het meetgebeuren opgenomen wordt.

3 ENKELE BELANGRIJKE BASISBEGRIPPEN

Deze basisbegrippen zijn beperkt en bedoeld om de lezer gemakkelijker te laten begrijpen wat elektromagnetische velden/golven zijn, hoe ze geklasseerd worden in het elektromagnetisch frequentiespectrum en waarom in sommige gevallen het elektrisch en magnetisch veld gemeten en geëvalueerd moeten worden en in andere gevallen slechts één van beiden.

3.1 Elektromagnetisch veld

Het **elektromagnetisch veld/golf** (Figuur 1) is samengesteld uit een elektrische¹ (E-) en magnetische² (H-) veldcomponent. Beide velden, die gekenmerkt worden door hun frequentie, golflengte en overeenkomende fotonenergie, planten zich loodrecht op elkaar en hun voortplantingsrichting voort. De blootstelling en het risico van beide velden moeten al dan niet afzonderlijk gemeten en geëvalueerd worden.



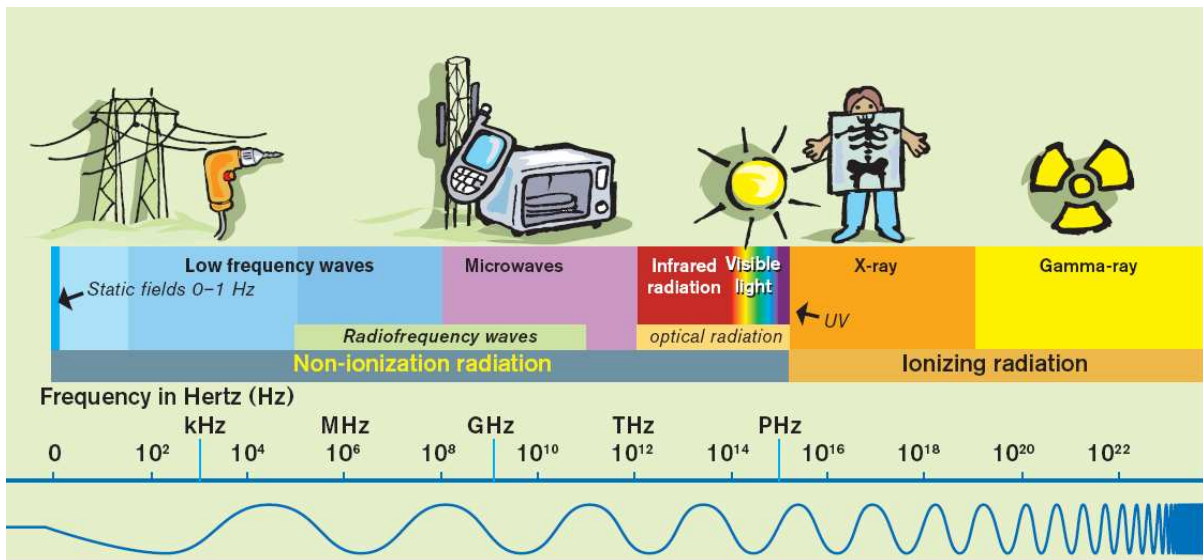
Figuur 1: Schematische voorstelling van elektromagnetisch veld

¹ Het elektrisch veld, uitgedrukt in volt per meter (V/m) is net zoals het zwaartekrachtsveld een vectorveld waarvan de richting afhangt van alle aanwezige elektrische ladingen. De elektrische veldsterkte in een bepaald punt in de ruimte is de kracht (F) die uitgeoefend wordt op een lading (q) gedeeld door de grootte van q: $E(\text{V/m}) = F/q$. Het is voldoende om de stekker in het stopcontact te steken zonder dat het toestel in werking gesteld wordt om een elektrisch veld te creëren.

² Het magnetische veld H, uitgedrukt in ampère per meter (A/m) is de kracht die uitgeoefend wordt op de ladingen in beweging. Het elektrische toestel waarvan de stekker in het stopcontact zit moet in werking gesteld worden om de stroom te doen vloeien en een magnetisch veld op te wekken. H staat loodrecht op de stroomrichting en de grootte ervan wordt gegeven door $F = q(v \cdot \mu H)$ met q = de grootte van de lading, v = de snelheid (m/s), μ = de magnetische eigenschappen (permeabiliteit) van de middenstof. De grootte die gemeten wordt om de grootte van het magnetisch veld te toetsen aan normen en richtlijnen is het magnetisch inductieveld (B). Het verband tussen B en H wordt gegeven door $B = \mu H$ en wordt uitgedrukt in tesla (T) of een subeenheid (mT of μT) ervan.

3.2 Elektromagnetisch frequentiespectrum

Het **elektromagnetisch frequentiespectrum** (Figuur 2) is het gebied waarin de elektromagnetische velden geklasseerd worden volgens hun frequentie en bijgevolg hun toepassingen.



(bron: EMF-NET, LF and RF guidance 2008)

Figuur 2: Elektromagnetisch frequentiespectrum

Vanuit de biofysica wordt het elektromagnetische spectrum op basis van de grootte van de fotonenergie verdeeld in ioniserende (fotonenergie $\geq 12,4 \text{ eV} \approx 1,987 \cdot 10^{-18} \text{ J}$) en niet-ioniserende straling (fotonenergie $< 12,4 \text{ eV}$). De fotonenergie van ioniserende straling is groot genoeg om materie te ioniseren, die van niet-ioniserende straling niet. Zonder verder in te gaan op de ioniserende straling is het vermeldenswaardig dat ultraviolette straling (UV), bij een frequentie van 3 Petahertz ($1 \text{ PHz} = 10^{15} \text{ Hz}$), de overgang vormt tussen ioniserende en niet-ioniserende straling.

3.3 Binnenhuisblootstelling aan elektromagnetische velden

De elektromagnetische velden (EMV-en) waaraan men binnen de woning blootgesteld wordt zijn zowel afkomstig van binnen- als buitenbronnen. De meest voorkomende EMV-en in de woning kunnen volgens hun werkingsfrequentie ingedeeld worden in drie groepen:

- de ELF (extreme low frequency) velden met een frequentie van 30 – 300 Hz. Ze worden geproduceerd door externe en interne elektriciteitsvoorzieningen (transformatieposten, laag- en hoogspanningscabines, onder- en bovengrondse hoogspannings- en distributielijnen) en alle huishoudelijke elektrische apparaten en toestellen.

- de VLF (very low frequency) velden met een frequentie van 8 kHz – 400 kHz die binnenshuis bijna alleen geproduceerd worden door alle soorten beeldschermen.
- de RF (radio frequency) velden die geproduceerd worden door bijna alle externe en interne bronnen voor draadloze toepassingen. Tabel 1 geeft een overzicht van de frequentiebanden van de externe en interne draadloze bronnen die kunnen bijdragen aan de binnenhuisblootstelling van het kind. De bedoeling van het berekenen van de met de frequenties die –overeenstemmen met de golflengten wordt in het volgende hoofdstuk aangetoond.

Tabel 1: RF-blootstellingsbronnen, overeenkomstige frequentiebanden en golflengten

TOEPASSING	FREQUENTIEBAND (MHz)	Golflengte (m)
FM	88 – 108	3,407 – 2,776
TV3	174 – 223	1,723 – 1,344
TETRA	380 – 400	0,789 – 0,749
TV4&5	470 – 830	0,638 – 0,361
GSM Tx	860 – 915	0,349 – 0,328
GSM Rx	925 – 960	0,324 – 0,312
DCS Tx	1710 – 1785	0,175 – 0,168
DCS Rx	1805 – 1880	0,166 – 0,159
DECT	1880 – 1900	0,159 – 0,158
UMTS Tx	1920 – 1980	0,156 – 0,151
UMTS Rx	2110 – 2170	0,142 – 0,138
WIFI	2400 – 2500	0,125 – 0,120
Microgolfoven	2450	0,122

Tx = transmitting en Rx = receiving link

3.4 Wanneer het elektrisch en magnetisch veld afzonderlijk evalueren?

Dit is afhankelijk van de door de bron uitgestraalde frequentie (f) waaruit via de snelheid van het licht ($c = 299792458 \text{ m/s}$) de golflengte (λ) afgeleid wordt volgens $\lambda = c/f$ en die bepaalt of het individu blootgesteld wordt in het nabije of in het verre veld³. Bevindt men zich in het nabije veld worden beide velden afzonderlijk gemeten en geëvalueerd. Bevindt men zich in het verre veld wordt alleen de amplitude van het elektrisch veld gemeten, alle

³ Ofschoon de afstand van de scheiding tussen het nabije en het verre veld voor antennes (D = grootste afmeting antenne) kan berekend volgens $2D^2/\lambda$ gaat men er van uit dat het verre veld begint op een golflengte van de bron. Bij een frequentie van 50 Hz bedraagt de golflengte (λ) 6000 km ($\lambda=c/f$) en ligt de scheidingsgrens tussen het nabije veld ($r < 3\lambda$) en verre veld ($r > 3\lambda$) op een radiale afstand (r) van de bron die gelijk is aan driemaal de golflengte. Bij een elektromagnetische golf van een hoogspanningslijn of een elektrisch huishoudtoestel ligt deze scheiding op 18 000 km; dit betekent dat de mens zich t.o.v. hoogspanningsvoorzieningen of elektrische apparaten steeds in het nabije veld bevindt en de vlakke golfrelatie $E^2/H^2 = 377 \Omega$ (377 of Z_0 = weerstand in de vrije ruimte) niet opgaat en dus de amplitude van het **H**-veld niet uit die van het E-veld kan berekend worden en apart moeten gemeten en geëvalueerd worden.

andere grootheden zoals de amplitude van het magnetisch veld en de vermogensdichtheid kunnen eruit berekend worden.

3.4.1 ELF-velden

Bij blootstelling aan het ELF (extreme low frequency: 30 – 300 Hz) bevindt men zich steeds in het nabije veld en moeten het elektrisch (E-veld) en het magnetisch inductieveld (B-veld) afzonderlijk gemeten en geëvalueerd worden. Omdat de spanning van de huishoudelijke apparaten/toestellen (220 V) waarvan de grootte van het elektrisch veld afhangt dermate klein is, is het elektrisch veld dat in de woning heerst niet groter dan een backgroundwaarde van 5 à 10 V/m. Zelfs indien de woning onder een hoogspanningslijn staat wordt het E-veld praktisch volledig tegengehouden door de materialen van het gebouw zodat de background van het E-veld in dergelijke woningen niet substantieel toeneemt t.o.v. woningen die niet onder hoogspanningslijnen staan. Onder andere om deze reden werd het E-veld in het huidige onderzoek niet geregistreerd bij de kinderen. Een andere reden hiervoor is dat het E-veld in het ELF-gebied steeds in open ruimte moet gemeten worden om het zogenaamde “schaduweffect” te vermijden: dit is een onhomogeen veld dat ontstaat door het antenneeffect van geleiders die in gesloten ruimtes zoals woningen aanwezig kunnen zijn, en dat niet representatief is voor de werkelijke blootstelling. Bovendien worden in tegenstelling tot het B-veld geen risico’s van residentiële blootstellingen aan het E-veld toegeschreven.

Enkel het ELF magnetisch veld werd bij de kinderen geregistreerd omdat:

- elektrische huishoudtoestellen sterke stromen kunnen produceren waardoor in hun onmiddellijke nabijheid sterke magnetische velden kunnen ontstaan
- sterke magnetische velden in de woningen kunnen gegenereerd worden door eventueel in de buurt staande hoogspanningsvoorzieningen
- een mogelijk risico op kinderleukemie toegeschreven kan worden aan de blootstelling van het magnetisch veld

3.4.2 VLF-velden

Omdat de VLF (very low frequency) velden die door de beeldschermen van TV en PC gegenereerd worden eveneens een nabije veld blootstelling veroorzaken, werden zowel het elektrisch als het magnetisch veld in het frequentiegebied van 8 kHz – 400 kHz ter hoogte van de kinderen gemeten en geëvalueerd. De golflengten die met 8 kHz en 400 kHz respectievelijk overeenkomen zijn 37,474 km en 749,48 m: dit wil zeggen dat kinderen die voor de TV of PC zitten zich steeds in het nabije veld bevinden.

3.4.3 RF-velden

- *RF-velden van zendmasten*

In tabel 1 van rubriek 3.3 wordt aangetoond dat de golflengten van de RF-velden van de draadloze basisstations waaraan het kind binnenshuis kan blootgesteld worden variëren van 3,407 m bij een FM-frequentie van 88 MHz tot 12 cm bij een microgolfovenfrequentie van

2500 MHz. Daar de externe basisstations meer dan 3,4 m en de interne draadloze basisstations zoals dat bijvoorbeeld van DECT meestal meer dan 16 cm van het kind verwijderd is zal het kind zich overwegend in het verre veld bevinden. Daarom werd alleen het elektrisch veld bij het kind geregistreerd en kan het magnetisch veld indien nodig ervan afgeleid worden.

- *RF-velden van handtoestellen*

In tegenstelling tot de blootstelling aan RF-velden van basisstations wordt men bij het aanbrengen van het handtoestel (bv. GSM, UMTS, DECT) aan het oor ter hoogte van het hoofd lokaal blootgesteld in het nabije veld. Bijgevolg zou in dit geval het elektrisch en magnetisch veld afzonderlijk moeten gemeten en geëvalueerd worden. Het meten van beide velden is onder deze omstandigheden een moeilijke opdracht en gaat gepaard met een grote onzekerheid over het bekomen resultaat.

3.5 Beste schatter van de werkelijke blootstelling

Statistisch gezien kan het rekenkundig gemiddelde, het geometrisch gemiddelde of de mediaan de beste schatter⁴ zijn van de werkelijke grootte van het elektrisch of het magnetisch veld waaraan het kind blootgesteld wordt. Daar deze locatiestatistieken soms substantieel van elkaar kunnen afwijken is de keuze van de beste schatter, zeker voor wat epidemiologische doeleinden (cfr 0,4 µT risicoproblematiek van ELF-velden bij kinderen), van de werkelijke blootstelling essentieel. De selectie van de beste schatter is afhankelijk van de manier waarop de geregistreerde meetgegevens verdeeld zijn: bij een normale verdeling is het rekenkundig gemiddelde de beste schatter, bij een log-normale verdeling het geometrisch gemiddelde en bij een niet-normale verdeling de mediaan. Om te bepalen of de grootte van de

⁴ Het bepalen van de beste schatter (best estimator) van de blootstelling is afhankelijk van de verdeling van de gegevens in tijd en/of in ruimte. Is de sterkte van het veld dat over een bepaalde tijd in de punten/plaatsen van de woning waarin het kind zich op het ogenblik van de veldregistratie bevond normaal verdeeld zal het rekenkundig gemiddelde de beste schatter van de werkelijke blootstelling zijn. Indien dit niet het geval is worden de meetgegevens volgens de regels van de statistiek getransformeerd in bijvoorbeeld een logaritmische schaal zoals dit o.a. het geval is bij toepassing van het geometrisch gemiddelde. Indien we het gemiddelde berekenen van de log-getransformeerde variabele en hem nadien terug veranderen in zijn oorspronkelijke schaal (antilogaritme) zal het gemiddelde niet hetzelfde zijn als het gemiddelde dat rechtstreeks van de oorspronkelijke variabele berekend werd. Het geometrisch gemiddelde is het antilogaritme van het gemiddelde van de log-getransformeerde veranderlijke en wordt gegeven door:

$$G.M.Y = \text{anti log } \frac{1}{n} \sum \log Y$$

Deze formule kan ook compacter geschreven worden:

$$G.M.Y = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Y_i}$$

$\prod$ = zoals $\sum$ het operator symbool is voor de sommatie van wat volgt is $\prod$ het symbool van het product van wat volgt: of het product van waarneming $i=1$ tot $i = n$. Bij een steekproef van $n > 10$ is veel reken capaciteit nodig en bovendien is transformatie veel eenvoudiger.

Indien blijkt dat de variabele nog niet log-normaal verdeeld is wordt best gebruik gemaakt van een niet-parametrische schatter zoals de mediaan.

blootstelling bepaalde risico's zou kunnen inhouden of niet wordt in geval van persoonlijke exposimetrie de effectieve waarde (rms) van de beste schatter vergeleken met de referentiewaarden van de gepaste blootstellingnorm of –richtlijn.

4 NORMEN EN RICHTLIJNEN

Dit hoofdstuk handelt alleen over blootstellingsnormen en -richtlijnen die betrekking hebben op de bescherming van het algemeen publiek tegen overdreven blootstellingen aan elektromagnetische velden. De internationale richtlijn ICNIRP(1998) [Ref. 16] die tevens de basisrichtlijn vormt voor alle nationale richtlijnen in het frequentiegebied van 0 Hz tot 300 GHz maakt een onderscheid tussen basisrestricties en referentiewaarden.

- Basisrestricties

Basisrestricties zijn restricties op de blootstelling aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen. Afhankelijk van de veldfrequentie worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de restricties te specificeren: de magnetische fluxdichtheid (B), de stroomdichtheid (J), het specifieke energieabsorptietempo⁵ (SAT) en de vermogendichtheid (S). B en J kunnen gemeten worden, de andere grootheden worden berekend. Afhankelijk van de frequentie worden de onderstaande fysische grootheden (dosimetrische/exposimetrische grootheden) gebruikt om de basisrestricties (BS) voor elektromagnetische velden te specificeren:

- $0 < f < 1$ Hz worden de basisrestricties gegeven voor B en J voor tijdsafhankelijke velden tot 1 Hz, teneinde gevolgen voor het cardiovasculaire systeem en het centrale zenuwstelsel te voorkomen;
- $1 \text{ Hz} < f < 10 \text{ MHz}$ worden de basisrestricties gegeven voor J om gevolgen voor functies van het zenuwstelsel te voorkomen;
- $100 \text{ kHz} < f < 10 \text{ GHz}$ worden de basisrestricties gegeven voor het SAT om globale thermische belasting van het lichaam en excessieve plaatselijke verwarming van weefsel te voorkomen. In het gebied van 100 kHz tot 10 MHz worden restricties voor zowel J als SAT gegeven
- $10 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$ worden de basisrestricties gegeven voor S om verwarming van weefsel aan of bij het lichaamsoppervlak te voorkomen.

- Referentieniveaus

In tegenstelling tot de basisrestricties die moeten berekend worden kunnen de referentieniveaus gemeten worden. Het zijn die niveaus die in de blootstellingsevaluatie gebruikt moeten worden om te bepalen in hoeverre een bepaalde meetwaarde de basisrestrictie al dan niet zal overschrijden. Wordt het referentieniveau niet overschreden dan zal ook de basisrestrictie nooit overschreden worden. Wanneer het referentieniveau wel overschreden wordt is het nog niet zeker dat de basisrestrictie overschreden wordt. De referentieniveaus die afgeleiden zijn van de basisrestricties zijn de elektrische veldsterkte (E),

⁵ SAT (specifiek absorptietempo) of SAR (specific absorption rate) is de maat van lichaamswarmte die door het RF-veld wordt geïnduceerd. De SAR wordt gegeven voor $\sigma E^2 / \rho$ met σ = conductiviteit (S/m), E = intern magnetisch veld en ρ = weefsel dichtheid kg/m³.

de magnetische veldsterkte (H), de magnetische fluxdichtheid (B), de vermogendichtheid (S) en de elektrische stroom in de extremiteiten.

4.1 Belgische wetgeving

4.1.1 Blootstellingsnorm voor ELF-velden

In België bestaat geen bijzondere wetgeving inzake de blootstelling van het algemene publiek aan het 50 Hz magnetisch inductieveld (B-veld) dat geproduceerd wordt door elektriciteitsvoorzieningen en in werking gestelde toestellen/apparaten/machines. Dit is wel het geval voor het 50 Hz elektrisch veld (E-veld) [Ref. 17] dat samen met het B-veld door dezelfde bronnen geproduceerd wordt van zodra een elektrische spanning opgewekt wordt zonder dat een toestel/apparaat/machine in werking werd gesteld. Noteer dat de netspanning voor het gebruik van huishoudelijke toestellen (220 V) dermate zwak is dat de sterkte van het 50 Hz E-veld dat door het net in woningen geproduceerd wordt verwaarloosbaar klein is (background rond de 5 à 10 V/m). De Belgische wetgeving is daarom bijna uitsluitend toepasselijk voor de blootstelling van het algemene publiek aan het E-veld dat in open ruimtes door elektriciteitsvoorzieningen geproduceerd wordt. Noteer dat het E-veld van ondergrondse hoogspanningskabels volledig geblokkeerd wordt door de bodem.

Tabel 2 toont aan dat het referentieniveau voor de blootstelling van het algemene publiek aan het E-veld afhankelijk is van de plaats waar men zich bevindt.

Tabel 2: Referentieniveau voor het E-veld in België

Plaats	Referentieniveau (V/m)
Stedelijke gebieden	5.000
Wegen	7.000
Andere plaatsen	10.000

Tot besluit van deze rubriek wordt erop gewezen dat bij gebrek aan een norm betreffende het 50 Hz magnetisch inductieveld de Europese aanbeveling (1999/519/EC) van 100 μ T [Ref. 18] door België aanvaard wordt. De referentiewaarden van deze aanbeveling zijn dezelfde als van ICNIRP (1998).

4.1.2 ELF-kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu

Er bestaat geen nationale wetgeving voor het 50 Hz magnetisch veld, wel een kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu van de Vlaamse Regering [Ref. 19] i.v.m. o.a. het ELF (Extreme Lage Frequentie). Voor het binnenmilieu voorziet de norm een richtwaarde van 0,2 μ T en een interventiewaarde van 10 μ T. Dit besluit werd door de Vlaamse Regering genomen ter bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu.

4.1.3 Blootstellingsnorm voor VLF-velden

In België bestaat geen specifieke VLF-blootstellingsnorm maar is wel een Koninklijk Besluit voorzien i.v.m. het werken met beeldschermen [Ref. 20].

In verband met straling van beeldschermen bepaalt dit KB (N. 93 – 2082 (27/8/93 Staatsblad van 7/9/93)) dat alle straling, met uitzondering van het zichtbare deel van het elektromagnetisch spectrum, moet worden verminderd tot vanuit het oogpunt van de bescherming van de veiligheid en de gezondheid van de werknemers verwaarloosbare niveaus. In het KB wordt geen melding gemaakt van maximaal toelaatbare emissie- noch blootstellingsnormen en meetgegevens kunnen aldus niet met een Belgische emissie- noch blootstellingsnorm vergeleken worden. De blootstellingsevaluatie van het kind zal daarom gebeuren op basis van de “Aanbeveling van de Europese Raad (1999/519/EC)”.

Zweden introduceerde emissienormen voor beeldschermen in de vorm van richtlijnen uitgevaardigd door “the Swedish National Board for Measurement and Testing” gekend als MPRII⁶ (SWEDAC 1990) [Ref. 21].

Tabel 3 toont de limieten van de richtlijn voor het VLF elektrisch en magnetisch veld.

Tabel 3: MPRII en TCO voor het VLF elektrisch en magnetisch veld

Veld	Frequentiegebied (kHz)	Normen	
		MPRII	TCO
Elektrisch	2 tot 400	2,5 V/m	1 V/m
Magnetisch	2 tot 400	25 nT	25 nT

De MPRII waarden zijn vastgelegd op een afstand van 50 cm rondom de monitor.

De Zweedse TCO waarden zijn vastgelegd op een afstand van 30 cm van de voorkant van de monitor en op 50 cm rondom de monitor, met uitzondering voor het magnetisch veld dat op een afstand van 50 cm van de voorkant van de monitor gemeten wordt.

Noteer dat dit geen blootstellingsnormen maar emissienormen zijn en de binnenshuis blootstelling van het kind niet met deze normen vergeleken kan worden.

⁶ MPRII is een Zweeds richtlijnendocument opgesteld om de interpretatie van testrapporten te vergemakkelijken. De Zweedse richtlijnen beschreven in MPRII en TCO (TCO is recenter en restrictiever dan MPRII) zijn geen blootstellings- maar emissiewaarden die technisch haalbaar zijn. Het zijn emissierichtlijnen voor de producent opdat de beeldschermemissies niet substantieel zouden bijdragen tot een verhoging van de normale achtergrondbelasting in de burealomgeving (NRPB 1994).

4.1.4 Radiofrequentievelden (RF-velden)

4.1.4.1 Norm voor enkelvoudige frequenties

Voor de RF-velden van zendmasten binnen het frequentiegebied van 10 MHz tot 10 GHz [Ref. 22] is er een Belgische blootstellingsnorm voorzien ter bescherming van het algemene publiek tegen overdreven RF-blootstellingen. Zoals in Tabel 4 aangetoond wordt is de grootte van de referentiewaarden afhankelijk van de frequentie van het elektrisch veld dat door de bron gegenereerd wordt.

Tabel 4: Referentieniveau van Belgische RF-norm

Frequentie	Vermogendichtheid (W/m ²)	Elektrische veldsterkte (V/m)
10 – 400 MHz	0,5	13,7
400 MHz – 2 GHz	$f/800$	$0,686 \cdot \sqrt{f}$
2 GHz – 10 GHz	2,5	30,7

We wijzen erop dat het de amplitude van het elektrisch veld is die gemeten wordt terwijl de vermogendichtheid ervan afgeleid wordt. In dit opzicht gaan in Europa bepaalde stemmen op om de sterkte van het RF-veld alleen uit te drukken en te evalueren in termen van elektrische veldsterkte en niet in vermogendichtheid. Waar vaak verwarring over bestaat en daarom duidelijk onderstreept moet worden is dat het E-veld proportioneel ($1/r$) afneemt met de afstand terwijl de vermogendichtheid dit doet met het kwadraat van de afstand ($1/r^2$).

4.1.4.2 Norm voor samengestelde frequenties

De norm voor samengestelde frequenties tussen 10 MHz en 10 GHz bepaalt dat de som van het kwadraat van het gemeten elektrisch veld (E_i) gedeeld door het overeenkomstig referentieniveau ($E_{i(ref)}$) niet groter mag zijn dan 1. Dit wordt door de volgende formule weergegeven:

$$\text{Formule voor samengestelde frequenties} \Rightarrow \sum_{10\text{MHz}}^{10\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{i(ref)}} \right)^2 \leq 1$$

Bij overschrijding van 1 moeten acties ondernomen worden ter bescherming van het algemene publiek tegen een te hoge gelijktijdige blootstelling aan het E-veld dat geproduceerd wordt door verschillende zendmasten.

4.2 Internationale richtlijnen en aanbevelingen

4.2.1 Referentieniveaus van de Raad van Europa (1999) en ICNIRP (1998)

Tabel 5 toont de referentieniveaus van de “Aanbevelingen van de raad van Europa (1999/519/EC) en ICNIRP (1998) ter bescherming van het algemeen publiek tegen het elektrisch (E-veld) en magnetisch inductieveld (B-veld) in het frequentiegebied van 0 Hz – 300 GHz.”

Tabel 5: Referentieniveaus van de raad van Europa (1999/519/EC) en ICNIRP(1998)

Frequentiegebied	E-veld (V/m)	B-veld (μ T)
Tot 1 Hz	-	$4 \cdot 10^4$
1 – 8 Hz	10 000	$4 \cdot 10^4 / f^2$
8 – 25 Hz	10 000	$5000 / f$
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$ (5 kV)	$5 / f$ (100 μ T)
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	6,25
3 kHz – 150 kHz	87	6,25
0,15 kHz – 1 MHz	87	$0,92 / f$
1 – 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,92 / f$
10 – 400 MHz	28	0,092
400 – 2000 MHz	$1,375 / f^{1/2}$	$0,0046 / f^{1/2}$
2 – 300 GHz	61	0,20

De referentieniveaus die aanbevolen worden door de raad van Europa zijn dezelfde als die van ICNIRP (1998).

4.2.2 Emissienorm voor het GSM-handtoestel

Het elektrisch veld dat uitgezonden wordt mag een stralingswaarde hebben die het specifiek absorptietempo (SAT) van 2 W/kg niet overschrijdt voor het hoofd terwijl het voor extremiteiten 4 W/kg is. Deze norm is in overeenstemming met de grenswaarde van de Europese aanbevelingen (1999/519/EC).

4.2.3 Radio- en eindapparatuur

Indien deze apparatuur voorzien is voor communicatie met gsm, draadloze telefoons (DECT), netwerkapparatuur enz. moet ze voldoen aan de Europese RTTE-richtlijn

1999/5/EG [Ref. 23] die vereisten inzake het voorkomen van storingen vastlegt en bovendien richtlijnen omvat ter bescherming van de gezondheid van verbruikers en anderen.

Er wordt verwacht dat de producent van de apparatuur aantoont dat ze voldoet aan de gezondheidsvereisten.

5 0,4 μ T PROBLEMATIEK ROND KINDERLEUKEMIE

Omdat een magnetisch inductieveld van 0,4 μ T geen blootstellingsnorm maar een epidemiologisch ‘cut-off point’ of een grenswaarde is waarmee in de epidemiologische statistiek een onderscheid gemaakt wordt tussen een controle- (blootstelling < 0,4 μ T) en een blootgestelde (blootstelling > 0,4 μ T) groep enerzijds en omdat deze grenswaarde zo belangrijk is in het onderzoek betreffende de mogelijke associatie tussen de blootstelling aan een ELF magnetisch inductieveld dat groter is dan 0,4 μ T en kinderleukemie anderzijds wordt deze problematiek niet onder de rubriek van de normen maar apart behandeld.

De oorsprong van deze bezorgdheid over de blootstelling aan een ELF magnetisch inductieveld van meer dan 0,4 μ T ligt bij Wertheimer and Leeper [Ref. 24] die in 1979 tot het besluit kwamen dat kinderen die in de nabijheid van hoogspanningslijnen wonen, en aldus langdurig blootgesteld worden aan het 50 Hz ELF magnetische veld, een verhoogde kans op leukemie hebben. Hierop volgde een groot aantal laboratoriumstudies en epidemiologische onderzoeken naar het mogelijke verband tussen de blootstelling aan het 50 Hz magnetisch veld en kinderleukemie enerzijds en kanker en andere gezondheids- en bio-effecten in het algemeen anderzijds. Het belangrijkste onderzoeksonderwerp van vandaag is nog steeds de 0,4 μ T problematiek die voornamelijk ontstond uit de epidemiologische “pooled analyses” van Ahlbom et al. (2000) [Ref. 25] en Greenland et al. (2000) [Ref. 26]. Deze auteurs toonden aan dat het relatief risico op leukemie bij kinderen tussen 0 en 15 jaar die aan een 50 Hz magnetisch veld blootgesteld worden dat gelijk of groter is dan gemiddeld 0,4 μ T tweemaal groter is dan bij kinderen die aan minder dan 0,4 μ T blootgesteld worden. Concreet betekent het relatief risico van 2 ($rr = 2$) dat er jaarlijks 1 tot 3 gevallen van kinderleukemie per 100 000 kinderen, die gemiddeld aan 0,4 μ T blootgesteld worden, bijkomen [Ref. 27, Ref. 28]. De resultaten van de epidemiologische studies hebben niet alleen het debat rond deze problematiek versterkt, maar zij vormden tevens de grondslag voor het “International Agency for Research on Cancer (IARC)” om in 2002 de 50 Hz elektromagnetische velden als “mogelijk kankerverwekkend” te klasseren [Ref. 29].

In twee MIRA-onderzoeksopdrachten voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) berekende VITO door middel van modellering en GIS-toepassingen dat het bijkomend risico op kinderleukemie 0,7% bedraagt bij een gemiddelde residentiële blootstelling van kinderen aan 0,4 μ T gegenereerd door het boven- [Ref. 30] en ondergronds [Ref. 31] hoogspanningsnet in Vlaanderen. Dit resultaat gaat slechts op indien er een verband bestaat tussen oorzaak en gevolg.

6 MATERIAAL EN METHODE

6.1 Verloop van de meetcampagne

Deze campagne werd op 1 september 2007 uitgebreid gelanceerd bij het personeel van VITO in Mol en in januari 2008 in beperkte mate bij het departement LNE in Brussel. Om de geografische spreiding binnen het gebied van de werknemers van beide instellingen te optimaliseren kon slechts 1 kind per gezin aan de campagne deelnemen.

Bij VITO waren er oorspronkelijk 99 inschrijvingen en bij LNE 10.

Tenminste één week vóór de uitdeling van de meettoestellen ontvingen alle deelnemers een meetplan en een handleiding met de volgende inhoud:

- Doel van de meetcampagne
- Beschrijving van de mogelijke bronnen van elektromagnetische velden (EMV-en)
- Lijst van de deelnemers
- Tijdschema met plaats en datum van de verdeling en inlevering van de meettoestellen
- Plaatsaanduiding voor het meten van de RF-velden van het GSM-handtoestel
- Handleiding voor het gebruik van de meettoestellen en in te vullen logformulieren
- Elektronische enquête voor inventarisering van persoonlijke EMV-bronnen

Er werd vooropgesteld dat de meettoestellen aan 3 deelnemers per meetdag zouden uitgedeeld worden. In dit geval zouden de campagnes bij VITO en LNE respectievelijk 33 (99/3) en 3,5 effectieve werkdagen duren.

Omdat het aantal RF-registratietoestellen beperkt was tot 3 en er slechts 1 VLF-meter per deelnemer per meetdag ter beschikking kon gesteld worden, werd de volgende verdeling van de meettoestellen gemaakt:

- iedere ingeschreven deelnemer van VITO die kwam opdagen kon beschikken over 1 ELF- en 1 RF-exposimeter
- 1/3^{de} van de VITO-deelnemers kon beschikken over één VLF-meter.
- iedere ingeschreven deelnemer van LNE die kwam opdagen kon beschikken over 1 RF-exposimeter. De ELF- en VLF-metingen werden bij LNE niet uitgevoerd

Tabel 6 toont de steekproefgrootte per soort meting.

Tabel 6: Steekproefgrootte

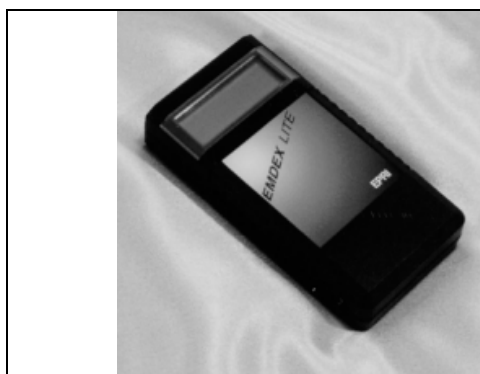
Soort meting	Effectieve deelnemers		
	VITO	LNE	Totaal
ELF-veld	77		77
VLF-veld	24		24
RF-veld	78	8	86
GSM-handtoestel	33		33

6.2 Registratie van het persoonsgebonden ELF- en RF-veld

6.2.1 Exposimeters

Om beide velden bij de deelnemende kinderen te registreren werden de twee volgende meters per kind en aan één kind per gezin ter beschikking gesteld:

- een ELF-exposimeter EMDEX LITE (zie specificaties in tabel 17 van bijlage 10.1) voor het registreren van de ‘extreme low frequency’ velden (40 – 1000 Hz) die gegenereerd worden door bronnen van het 50 Hz elektriciteitsnet die zich buiten en binnen de woning bevinden.
- een RF-exposimeter EME SPY 120 (zie specificaties in tabel 18 van bijlage 10.1) voor het registreren van de radiofrequentievelden (80 MHz – 3 GHz) die gegenereerd worden door bronnen voor draadloze toepassingen die zich buiten en binnen de woning bevinden



Figuur 3: EMDEX LITE exposimeter



Figuur 4: EME SPY 120 exposimeter

De specificaties van beide meters worden in bijlage 1 gegeven.

6.2.2 Welke velden werden geregistreerd en met welke normen/richtlijnen worden ze vergeleken?

- **ELF magnetisch inductieveld (B-veld)**

Volgens de definities van het ELF-domein beperkt dit zich tot de frequenties tussen 30 Hz en 300 Hz, maar daar het meetbereik van de EMDEX LITE exposimeters zich uitstrekt van 40 – 1000 Hz werden alle frequenties geregistreerd die binnen dit domein liggen. Noteer nochtans dat de fundamentele frequentie van de ELF-velden die in de woning door externe of interne bronnen geproduceerd worden 50 Hz is en er geen betekenisvolle harmonischen (> 3% van de fundamentele frequentie) geproduceerd worden. Dit houdt in dat de meest representatieve blootstellingsstatistiek van de effectieve waarde (rms) van het geregistreerde ELF magnetisch inductieveld getoetst wordt aan het referentieniveau van de aanbevelingen van de Europese raad 1999/519/EC en aan andere grenswaarden die relevant zijn voor de besluitvorming en de eventuele aanbevelingen voor het algemene publiek. Noteer dat aangezien het ELF B-veld een stroomdichtheid en geen warmte in termen van SAT induceert, de rms-waarde, in tegenstelling tot bij het RF-veld, niet over een periode van 6 minuten moet uitgemiddeld worden om de meetwaarden te toetsen aan de referentienorm.

- **RF-velden**

Het E-veld dat door de draadloze toepassingen gegenereerd wordt en dat bij de kinderen geregistreerd werd bevindt zich in het frequentiegebied van 80 MHz tot 2500 MHz. Tabel 7 toont de frequentiebanden van de verschillende toepassingen.

Tabel 7: Toepassingen, RF-frequentiebanden en blootstellingsnormen

TOEPASSING	FREQUENTIEBAND (MHz)
FM	88 - 108
TV3	174 - 223
TETRA	380 - 400
TV4&5	470 - 830
GSM Tx	860 - 915
GSM Rx	925 - 960
DCS Tx	1710 - 1785
DCS Rx	1805 - 1880
DECT	1880 - 1900
UMTS Tx	1920 - 1980
UMTS Rx	2110 - 2170
WIFI	2400 - 2500
TOTAALVELD (TVeld)	88 - 2500

Het totaalveld ($TVeld_i$) en het gemiddelde van het totaalveld (GTV) wanneer de meter in “mean mode” staat worden als volgt berekend:

$$TVeld_i = \sqrt{E_{FM}^2 + E_{TV3}^2 + \dots + E_{WIFI}^2}$$

$$GTV = \sum_{i=1}^n (TVeld_i) / n$$

met “n” gelijk aan het aantal samples dat om de vier seconden over de gehele registratieperiode geregistreerd werd. Het gemiddelde totaalveld wordt alleen berekend wanneer de meter in de “mean mode” staat. Noteer ook dat de formules alleen rekening houden met de meetwaarden die tenminste gelijk zijn aan 0,5 V/m.

6.2.3 Dragen van de exposimeters

- ***Dragen van EMDEX LITE meter***

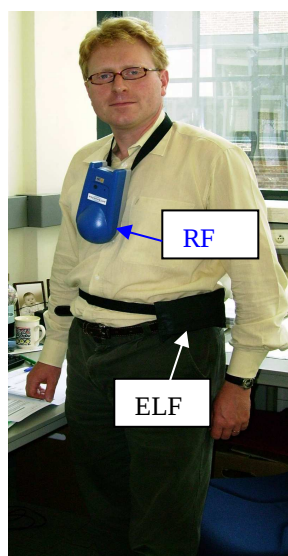
Om het ELF magnetisch veld niet te blokkeren of af te zwakken door bouwmaterialen of meubilair is het dragen van deze meter op de heup de meest aangewezen manier om het ELF magnetisch veld te registreren. Volgende stappen werden uitgevoerd om het ELF-veld te registreren:

- exposimeter werd in werking gesteld
- de meter werd geplaatst in het meegeleverd EMC-vrij zakje dat zich op de heupriem bevond
- de riem werd bevestigd ter hoogte van de heupen van het kind. Indien de ouders van oordeel waren dat dit om de ene of andere reden niet mogelijk was konden zij zelf de meter in de hand houden en het kind volgen of de meter zelf aandoen en het kind overal volgen.

- ***Dragen van EME SPY 120 meter***

Daar het RF-veld kan verzwakt worden door materialen van meubilair enz. werd gevraagd om de meter door middel van de meegeleverde halsriem liefst onder de kin te hangen. Indien dit bij het kind niet mogelijk was konden de ouders zelf bepalen hoe het veld op de meest representatieve manier ter hoogte van de borst van het kind geregistreerd werd.

Ofschoon Figuur 5 illustreert hoe de exposimeters best gedragen werden tijdens de registratieperiode, was het aan de ouders om, rekening houdende met de leeftijd en de mogelijkheden van het kind, te bepalen hoe de meters best konden geplaatst worden om beide velden in de onmiddellijke nabijheid van hun kind representatief te registreren.



Figuur 5: Dragen van exposimeters

Tijdens het uitdelen van de exposimeters werden alle facetten van het meetprotocol op een duidelijke manier aan de ouders van de deelnemende kinderen uitgelegd. Tijdens het uitvoeren van de metingen stond de meetverantwoordelijke ter beschikking van de deelnemers om eventueel bijkomende inlichtingen te verschaffen.

6.2.4 Registratieduur en -parcours

De meters werden voor één avond aan de deelnemers uitgeleend en om statistische bias te vermijden werd uitdrukkelijk gevraagd dat de dragers van de meters hun normale gang zouden gaan en niet opzettelijk dicht bij bepaalde bronnen (elektrische apparaten, TV, PC, wifi-routers, DECT) zouden gaan staan of zitten. Het plaatsen van het GSM-handtoestel dicht bij de meter is ten stelligste afgeraden.

Daar beide velden gelijktijdig geregistreerd worden en het meetinterval in beide gevallen 4 seconden bedraagt voorzagt het meetprotocol dat tenminste 2 minuten willekeurig verbleven werd in de vertrekken van de woning waar het kind overal komt.

Bij de kinderen/personen die aan een draadloze PC werkten werd gevraagd om dit tenminste gedurende 6 minuten op een normale manier te doen terwijl beide velden geregistreerd werden.

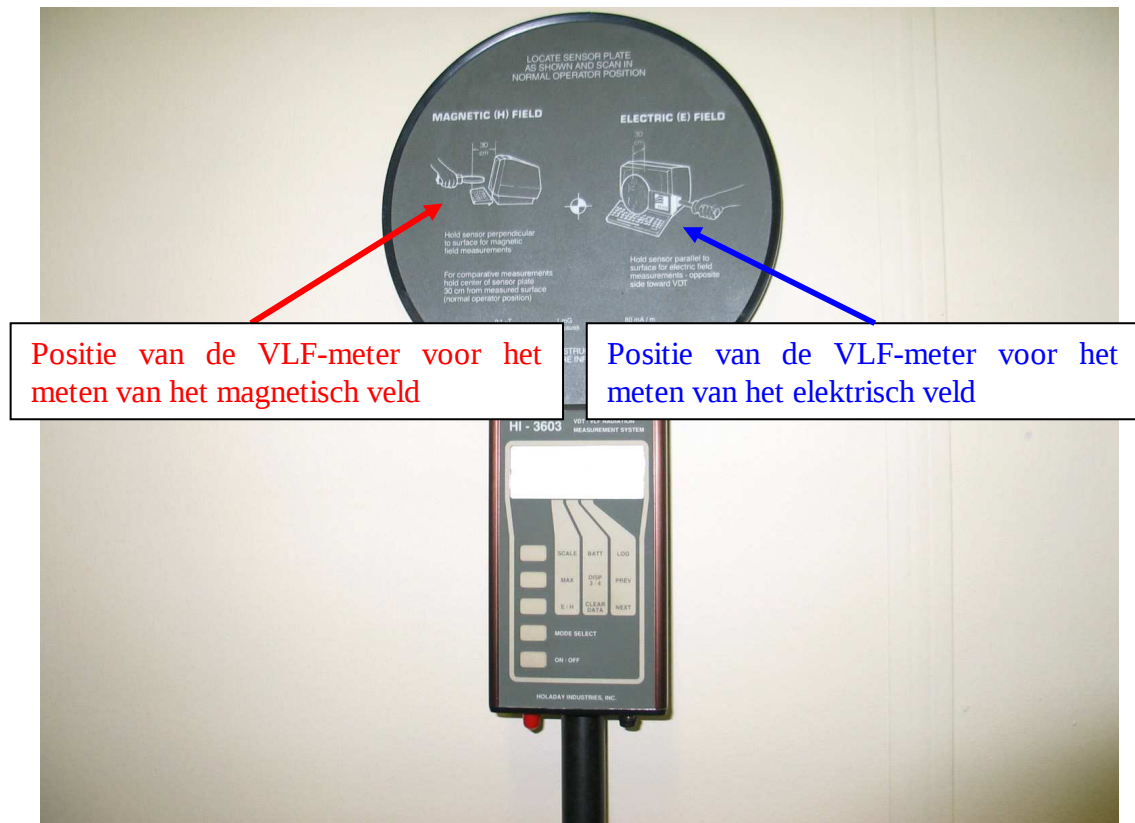
Iedere deelnemer ontving een logformulier (Tabel 8) waarin de plaats en het overeenkomstig tijdstip van de blootstelling van het kind kon opgetekend worden. Door middel van dit formulier kon bepaald worden of er in bepaalde plaatsen verhoogde blootstellingen waren en vanwaar ze eventueel afkomstig waren.

Tabel 8: Logformulier voor plaats- en tijdsbepaling van de blootstelling

Naam & voornaam van het betrokken kind.....		
Datum van de meting:		
Plaats van blootstelling in de woning	Tijdstip van de blootstelling	
	Van	Tot

6.3 Meten van het plaatsgebonden VLF-veld van beeldschermen

Het elektrisch en magnetisch veld van de TV- en PC-schermen waaraan kinderen kunnen blootgesteld worden werden in het 8 - 400 kHz gebied gemeten door middel van de VLF-monitor HI-3603 (Figuur 6) waarvan de specificaties in bijlage 10.1 gegeven worden.



Positie van de VLF-meter voor het meten van het magnetisch veld

Positie van de VLF-meter voor het meten van het elektrisch veld

Figuur 6: HI-3603 VLF-meter

Beide velden werden bij 1/3^{de} van het aantal deelnemers gemeten op:

- 30 cm respectievelijk van het PC- en het TV-scherf
- op een afstand tussen het TV-scherf en de plaats waar het kind gewoonlijk zit om TV te kijken.

De betrokken personen vulden hun meetresultaten in zoals weergegeven wordt in Tabel 9.

Tabel 9: Resultatentabel voor VLF-velden

VLF-veld	PC op 30 cm van		Afstand van TV-scherf tot kind :meter
	PC-scherf	TV-scherf	
Elektrisch (V/m)			
Magnetisch (μ T)			

6.4 Meten van het elektrisch veld van het GSM-handtoestel

6.4.1 Simulatiemetingen voor het bepalen van de E-veldsterkte aan het oor

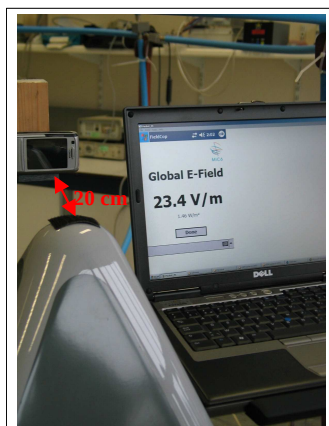
Om een idee te hebben van de sterkte van het elektrisch veld (E-veld) ter hoogte van het oor/hoofd konden de deelnemers de emissie van hun GSM-handtoestel laten meten tijdens het bellen. Hiervoor werd het handtoestel op de FIELDCOP (zie bijlage 1 voor specificaties) geplaatst en werd het E-veld gedurende een belduur van 3 minuten in de 900 - 1800 MHz band in de uplink mode geregistreerd. Aangezien onder die omstandigheden het E-veld in het nabije veld gemeten wordt en hierdoor van de realiteit afwijkende resultaten kunnen uitgelezen worden, wordt in de desbetreffende rubriek van de resultaten (hfst. 6) de te verwachten veldsterkte ter hoogte van het oor berekend op basis van de veldsterkte die in het verre veld gemeten werd.

6.4.2 Meten van de passieve blootstelling tijdens het bellen

Met passieve blootstelling wordt de blootstelling bedoeld die iemand ontvangt wanneer zij of hij zelf niet belt maar zich in de nabijheid bevindt van een ander persoon die met zijn GSM-toestel telefoneert. Het idee is gebaseerd op het passief roken waarbij de nabije niet-roker blootgesteld wordt aan de rookdamp van de sigaret of de sigaar van de roker.

Om deze vorm van blootstelling in kaart te brengen werd het E-veld tijdens een belduur van 1 tot 3 minuten op 0, 10, 20, 40, 80 en 160 cm van alle zijden van het handtoestel met de Fieldcop gemeten. De metingen werden uitgevoerd op 3 verschillende toestellen waarvan 1 toestel met provider A, 1 met B en 1 met C. Het meten van de voorzijde van de toestellen werd over alle afstanden telkens 3 keer herhaald tijdens een belduur van 3 minuten.

Figuur 7 toont de opstelling voor het meten van het E-veld van de GSM-toestellen. Op deze afbeelding bedraagt de afstand tussen het GSM-toestel en de meetsonde van de Fieldcop spectrometer 20 cm.



Figuur 7: Opstelling voor het meten van het E-veld van het GSM-handtoestel

6.5 Elektronische Enquête

Om na te gaan of de grootte van de blootstelling gecorreleerd is met de interne en externe EMV-bronnen waaraan het kind blootgesteld werd, ontving iedere deelnemer een elektronische enquête die ingevuld en teruggestuurd werd. In bijlage 10.2 wordt deze enquête weergegeven.

7 MEETRESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de metingen in de volgende volgorde weergegeven:

- De ELF-blootstelling van het kind
- De VLF-blootstelling van het kind
- De RF-blootstelling van het kind

De besluitvorming en de eventuele aanbevelingen zullen per toepassing gebaseerd zijn op de vergelijking van de resultaten met de specifieke blootstellingsnormen en -richtlijnen of andere grenswaarden die relevant zijn voor het eventueel aanbevelen van te ondernemen acties of initiatieven.

7.1 ELF-blootstelling van het kind

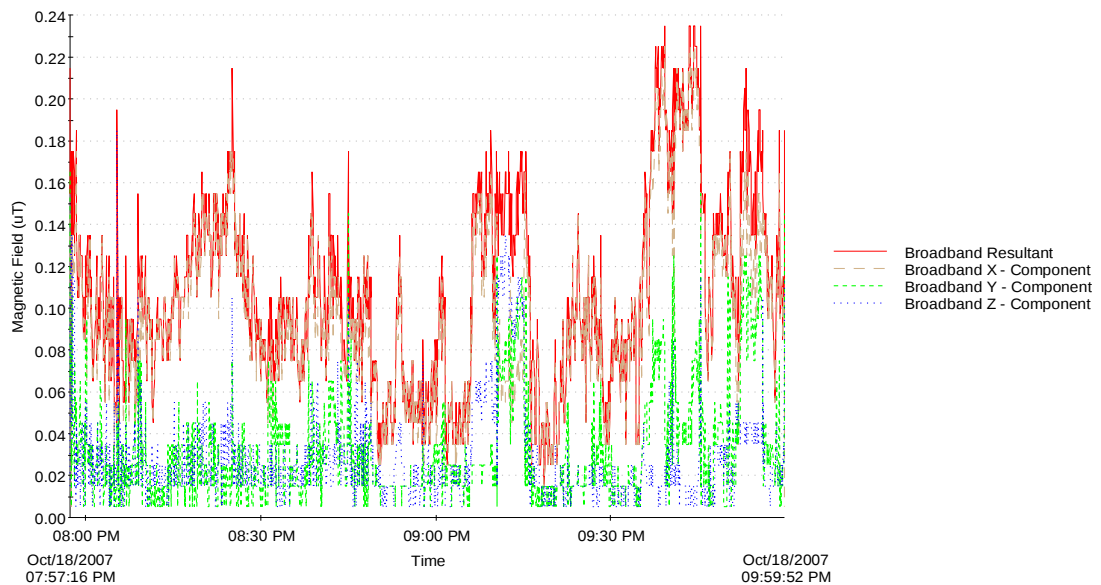
7.1.1 Bespreking resultaten

Deze resultaten zijn gebaseerd op een steekproefgrootte van 77 deelnemers.

De besluitvorming en de eventuele aanbevelingen van deze blootstelling zijn afhankelijk van de vergelijking van de beste statistische schatter van deze blootstelling met:

- het referentieniveau van 100 μT van de raad van Europa (1999/519/EC) ($\Rightarrow$ hst 4 tabel 5)
- de 0,2 μT richtwaarde van de Vlaamse kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu ($\Rightarrow$ hst 4)
- de 10 μT interventiewaarde van de Vlaamse kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu ($\Rightarrow$ hst 4)
- de 0,4 μT grenswaarde voor een eventueel risico op kinderleukemie ($\Rightarrow$ hst 5)

Figuur 8 toont een resultaatvoorbeeld van het persoonsgebonden ELF magnetisch inductieveld (B-veld) dat voor ieder kind binnenshuis gedurende een bepaalde tijd geregistreerd werd.



Figuur 8: Persoonsgebonden B-veld

Het belangrijkste wat uit figuur 8 kan afgeleid worden is dat de grootte van het B-veld schommelt in functie van de tijd. De reden hiervan is enerzijds dat de stroom die bepalend is voor de grootte van het B-veld in de woning niet altijd constant is omdat het aantal in werking zijnde elektrische apparaten kan variëren en/of anderzijds omdat de drager van de exposimeter mobiel is en zich afwisselend dicht of ver van huishoudelijke bronnen kan bevinden.

In Tabel 10 worden de blootstellingsstatistieken die van figuur 8 afgeleid werden weergegeven.

Tabel 10: Blootstellingsstatistieken voor 1 van de 77 kinderen

Registratie- duur	Aantal records	Resultante ⁷ van het B-veld (rms)					
		Min.	Max.	Rekenkundig gemiddelde	S.D	Mediaan	Geometrisch gemiddelde
2u04	1840	0,02	0,23	0,11	0,04	0,10	0,10

Het is belangrijk te onthouden dat deze statistieken voor ieder van de 77 kinderen gemaakt werden en hiervan de beste schatter⁸ van de werkelijke blootstelling genomen wordt om de populatieparameters op basis van de gehele steekproef te bepalen en alzo tot een besluitvorming te komen. Aangezien uit een representatieve studie [Ref. 7 - Ref. 8] blijkt dat de mediaan de beste schatter is van de residentiële persoonsgebonden blootstelling van kinderen aan het ELF B-veld wordt deze locatiestatistiek gebruikt voor het bepalen van de populatieparameters.

⁷ De resultante (R in μT) wordt gegeven door: $R(\mu\text{T}) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ met x-, y- en z de orthogonale componenten van het magnetisch veld.

⁸ De beste schatter van de werkelijke blootstelling van het kind kan het rekenkundig of het geometrisch gemiddelde of de mediaan zijn.

In Tabel 11 worden de populatieparameters die berekend werden op basis van de blootstellingsstatistieken die bij 77 kinderen zoals in tabel 10 bekomen werden weergegeven.

Tabel 11: Populatieparameters van de blootstelling

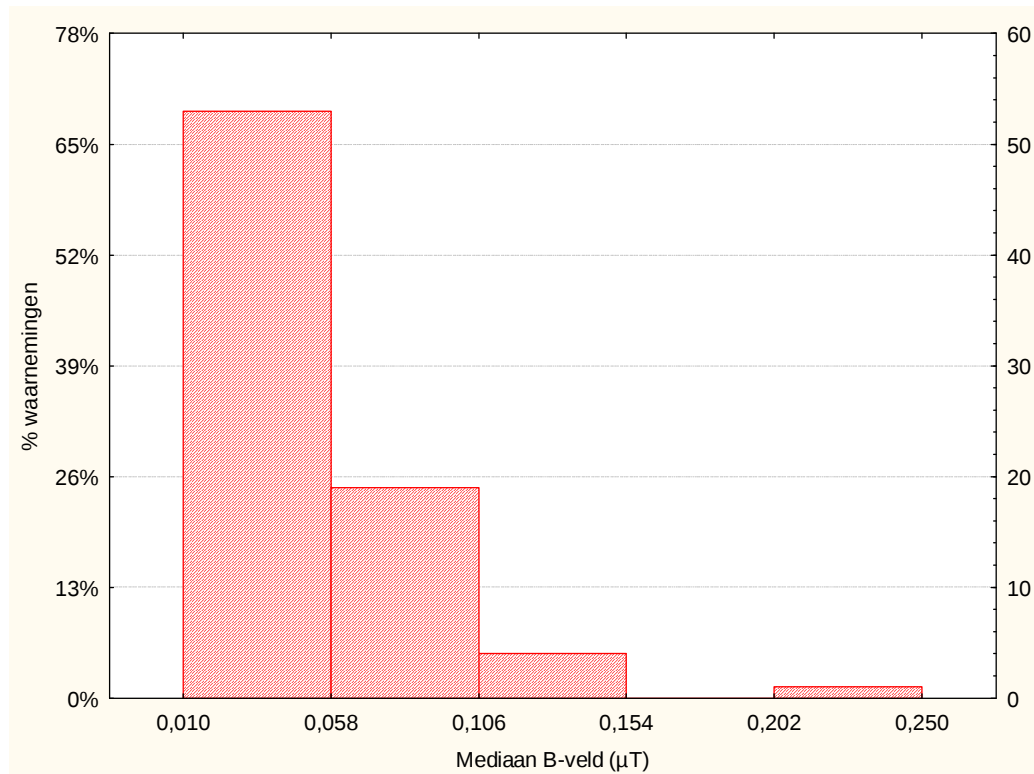
B-veld statistiek (rms) per kind ↓	B-veld					
	N	RG (μ T)	GG (μ T)	Med. (μ T)	Min. (μ T)	Max. (μ T)
Minimum (Min.)	77	0,012	0,011	0,010	0,010	0,040
Maximum (Max)	77	2,510	0,874	0,740	0,050	21,88
Rekenkundig gemiddelde(RG)	77	0,062	0,046	0,050	0,010	0,460
Geometrisch gemiddelde (GG)	77	0,041	0,031	0,030	0,010	0,180
Mediaan.	77	0,048	0,037	0,040	0,010	0,250

Uit deze tabel blijkt dat het rekenkundig (RG) en geometrisch (GG) populatiegemiddelde van de individuele mediane blootstelling zoals in tabel 10 weergegeven respectievelijk gelijk is aan 0,048 en 0,037 μ T. De populatiemediaan van de individuele mediaan is gelijk aan 0,04 μ T. Uit de vergelijking van deze populatieparameters met:

- de referentiewaarde van 100 μ T die door Europa (1999/519/EC) aanbevolen wordt
- de 0,2 μ T richtwaarde en 10 μ T interventiewaarde van de kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu van de Vlaamse regering
- de 0,4 μ T grenswaarde voor een eventueel epidemiologisch risico op kinderleukemie

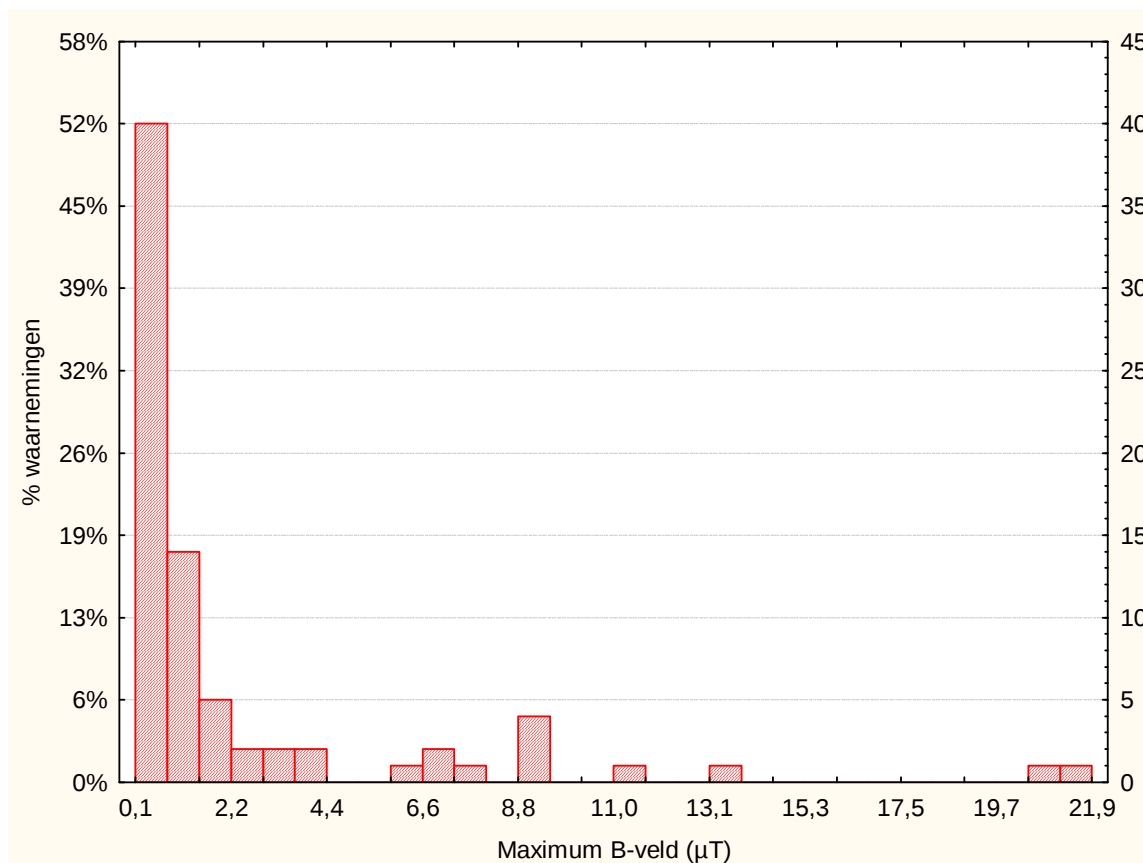
kan besloten worden dat de grootte van het ELF-B-veld waaraan het kind binnenshuis blootgesteld wordt geen gezondheidsrisico inhoudt.

Dit besluit wordt bevestigd door het histogram van Figuur 9 dat aantoont dat slechts in 1 op 77 gevallen (1,3%) de mediane blootstelling aan het B-veld groter is dan 0,2 μ T en in geen enkel geval groter is dan 0,3 μ T. Dit houdt ook in dat geen enkel van de deelnemende kinderen woont in een huis dat onder een hoogspanningslijn staat of indien dit toch het geval zou zijn de hoogspanningslijn niet actief was wanneer de metingen uitgevoerd werden.



Figuur 9: Histogram van mediane binnenshuisblootstelling aan het B-veld

In tabel 11 wordt aangetoond dat een maximaal B-veld van ongeveer 22 μT gemeten werd. Dergelijke velden kunnen gemeten worden dicht bij een huishoudelijk elektrisch apparaat [Ref. 6]. Inspectie van de gegevens en de histogramanalyse van Figuur 10 toont aan dat extreme waarden slechts in enkele gevallen voorkomen en zeer kortstondig zijn zodat ze geen invloed hebben op de blootstellingsparameters.



Figuur 10: Histogram van maximale binnenshuisblootstelling aan het B-veld

7.1.2 Besluit betreffende de ELF-blootstelling

Uit de analyse van de huidige gegevens kan besloten worden dat de binnenshuisblootstelling aan het ELF B-veld conform is met alle referentieniveaus en grenswaarden die een risico zouden kunnen inhouden voor het kind.

7.2 VLF-blootstelling van het kind door beeldschermen

7.2.1 Bespreking resultaten

In deze campagne werden zowel het elektrisch veld (E-veld) als het magnetisch inductieveld (B-veld) gemeten. De resultaten zijn gebaseerd op een steekproefgrootte van 24 deelnemers. De besluitvorming en de eventuele aanbevelingen zijn afhankelijk van de vergelijking van de beste statistische schatter van deze blootstelling met de VLF-referentieniveaus van de raad van Europa (1999/519/EC):

- ⇒ 87 V/m voor het VLF elektrisch veld
- ⇒ $0,92/f_{(\text{MHz})}$ voor het VLF magnetisch inductieveld.

7.2.1.1. VLF-velden op 30 cm van de beeldschermen

Daar de Kolmogorov-Smirnov test⁹ uitwees dat de meetgegevens van de VLF-velden noch normaal noch lognormaal verdeeld zijn werd de mediaan gebruikt als de beste statistische schatter van de werkelijke VLF-blootstelling op 30 cm van het PC- en TV-scherm.

Tabel 12 toont samenvattende statistieken van het E- en B-veld die op 30 cm van het PC- en TV-scherm gemeten werden.

Tabel 12: E- en B-veld op 30 cm van PC- en TV-scherm

Veldtype	PC-scherm			TV-scherm		
	Mediaan	Min.	Max.	Mediaan	Min.	Max.
E-veld (V/m)	0,17	0,04	8,50	8,20	0,07	44,50
B-veld (nT)	5,19	0,07	290,0	66,0	0,70	270,0

Noteer dat de sterkte van het B-veld gemeten werd in nanotesla (nT): 1 nT = 1/1000 microtesla (μ T)

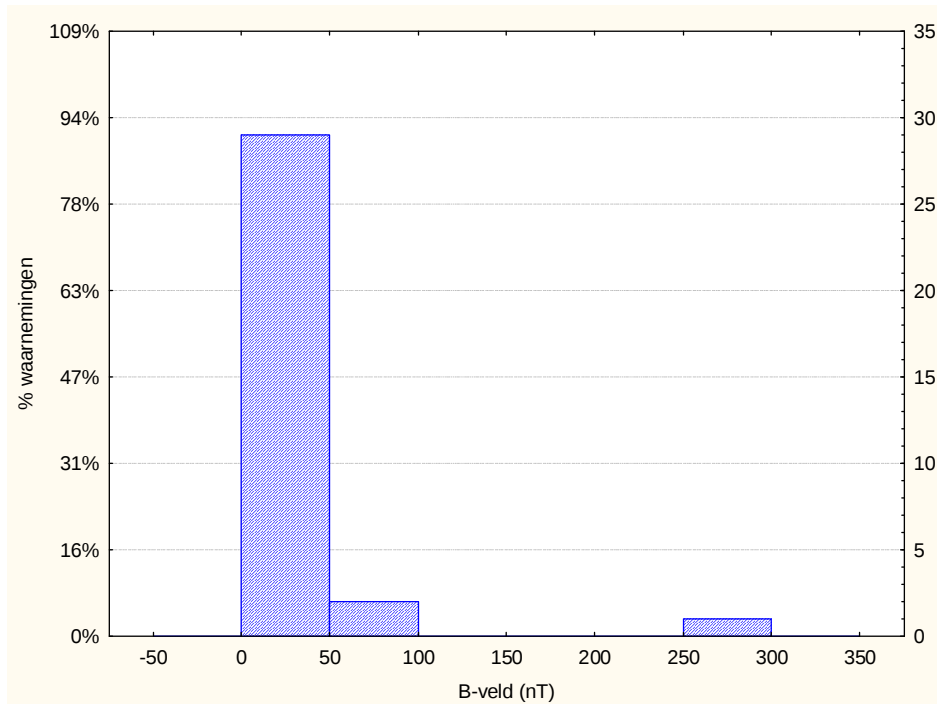
De referentiewaarden van de aanbevelingen van de Europese raad (1999) bedragen voor het E-veld 87 V/m en voor het B-veld in het frequentiegebied van 2 kHz tot 400 kHz respectievelijk 460 microtesla (μ T) en 2,30 μ T (=2300 nT).

Betreffende het E-veld kan uit tabel 12 het volgende afgeleid worden: aangezien de blootstellingsstatistieken in geen enkel geval het referentieniveau van 87 V/m overschrijden is er volgens de interpretatie van de aanbeveling van de Europese raad geen risico te verwachten wanneer het kind zich op 30 cm van het PC- of TV-scherm bevindt.

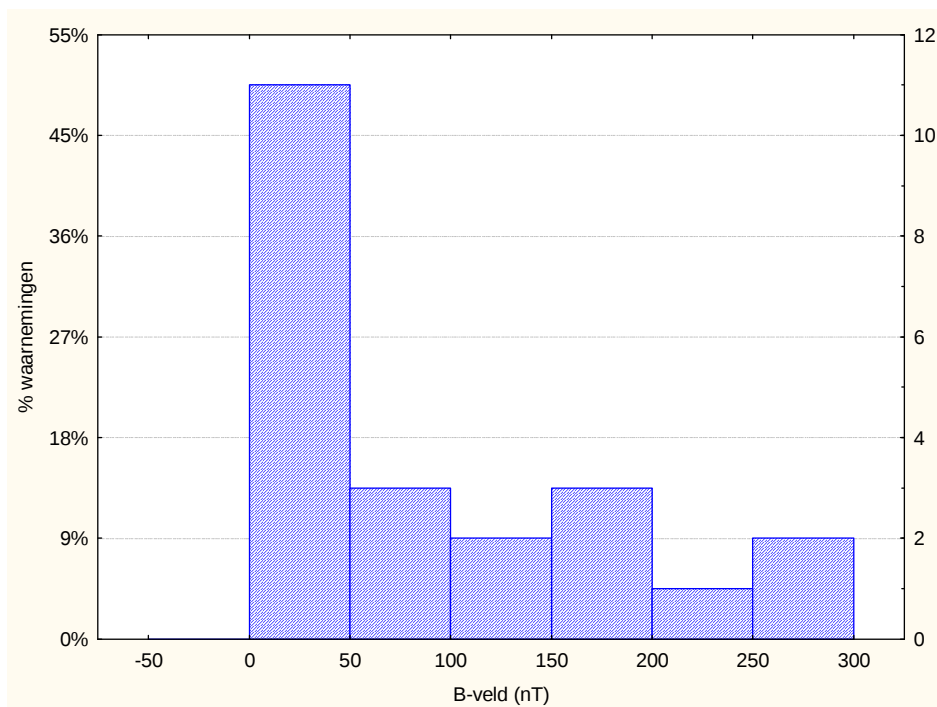
Voor wat het B-veld betreft wordt op basis van het voorzorgprincipe de “worst case” vergelijking tussen de meetgegevens en referentieniveau doorgevoerd. Dit veronderstelt dat de frequentie die door de schermen gegenereerd wordt 400 kHz bedraagt en overeenkomt met een referentieniveau van 2,30 μ T. Wanneer we de B-veldstatistieken van tabel 12 en de figuren 11 tot 13 met dit niveau vergelijken stellen we vast dat zowel de mediane als de maximale blootstelling van PC en TV veel kleiner zijn dan het 2,30 μ T referentieniveau. Dit houdt in dat volgens de interpretatie van de Europese aanbeveling 1999/519/EC geen gezondheidsrisico's te verwachten vallen door de VLF-velden die door PC- en TV-schermen uitgezonden worden. Daar de sterkte van alle gemeten velden conform was met de blootstellingslimiet werd geen onderscheid gemaakt tussen CRT en LCD-schermen.

.

⁹ De Kolmogorov-Smirnov één sample test voor het testen van de hypothese of de meetgegevens normaal verdeeld zijn is gebaseerd op het maximaal verschil tussen de cumulatieve verdeling van de geobserveerde en de cumulatieve verdeling van de theoretisch te verwachten gegevens.



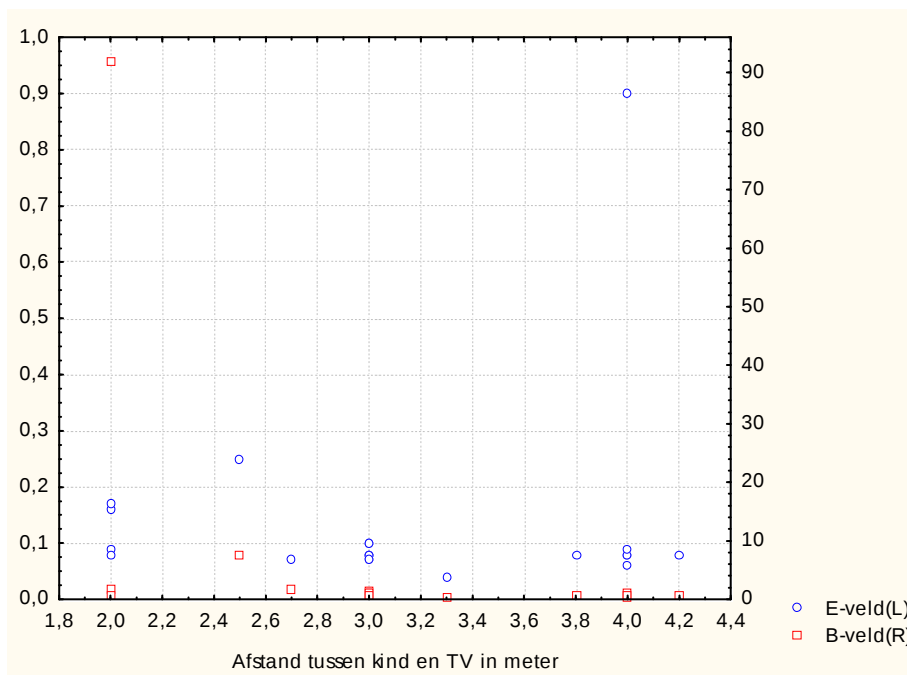
Figuur 11: Histogram van het VLF B-veld op 30 cm van het PC-scherf



Figuur 12: Histogram van het VLF B-veld op 30 cm van het TV-scherf

7.2.1.2. VLF-velden op de plaats waar kinderen TV-kijken

Figuur 13 toont het strooidiagram van het E- (linker schaalverdeling) en B-veld (rechter schaalverdeling) dat respectievelijk gemeten werd op de plaats waar het kind thuis normaal TV kijkt.



Figuur 13: E- (in V/m) en B-veld (in nT) op willekeurige afstand van het TV-scherf

In de linkerzijde van de grafiek wordt de schaal van het E-veld dat uitgedrukt wordt in V/m weergegeven. In de rechterzijde de schaal wordt het B-veld, dat uitgedrukt wordt in nT, weergegeven. Worden de meetwaarden van de grafiek vergeleken met de limietwaarden voor het E- en B-veld stellen we vast dat ze veel kleiner zijn dan 87 V/m en 2300 nT die in de aanbevelingen van de Europese Raad opgenomen zijn.

7.2.2 Besluit betreffende de VLF-blootstelling

Na analyse van de huidige resultaten in het kader van de aanbevelingen van de Europese raad kan volgens de interpretatie van de aanbevelingen besloten worden dat de blootstelling aan het VLF elektrisch en magnetisch veld op normale kijkafstand en zelfs op een kijkafstand van 30 cm van het TV-scherf geen gezondheidsrisico inhoudt voor het kind.

Op een werkafstand van 30 cm van het PC-scherf is ook geen gezondheidsrisico te verwachten.

7.3 RF-blootstelling

In deze rubriek wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- de algemene blootstelling die veroorzaakt wordt door alle interne en externe bronnen die tot de binnenhuisblootstelling bijdragen
- de actieve (zelf bellen) en passieve (wanneer iemand anders belt) blootstelling die uitsluitend veroorzaakt wordt door gebruik van GSM- en DECT-handtoestellen

7.3.1 RF-blootstelling door externe en interne bronnen

7.3.1.1 Kenmerken van de RF-velden van draadloze systemen

In Tabel 13 zijn deze kenmerken samengevat.

Tabel 13: Kenmerken van draadloze systemen

Systeem	Frequentie (MHz)	Vermogen	Pulseigenschappen
GSM zendmasten	925 – 959 1805 – 1880	10 - 40 W	- duur: 0.6 ms - interval: 4,6 ms = 217 Hz
GSM handtoestel	880 – 914 1710 – 1785	max 2 W	- duur: 0.6 ms - interval: 4,6 ms = 217 Hz - dutycyclus: 10,7% (in gespreksmode)
UMTS zendmast	1900 – 2170	10 - 20 W	
TETRAPOL zendmast (ASTRID)	390 – 395	40 W	
TETRAPOL ASTRID handtoestel	380 – 385		TETRA (voor puls)
DECT station & handtoestel	1880 – 1900	max 250 mW	- duur: 0.4 ms - interval: 10 ms = 100 Hz - dutycyclus: 3,85%
WiFi access point	2483 – 2500	max. 250 mW	- duur : 1 ms - interval: 7 - 13 ms - dutycyclus: 12,5 - 7,14%
Bluetooth	2483 – 2500	enkele mW	0.1 ms

De tabel toont aan dat de verschillende systemen of toepassingen verschillende kenmerken qua vermogen, frequentie en puls vertonen. Noteer dat ten gevolge van de duty cyclus van het draadloos systeem een substantieel verschil bestaat tussen de maximale veldsterkte en die over 6 minuten uitgemiddeld. In geval van de draadloze systemen is de dutycyclus de proportie van de tijd dat de puls actief is. Ingeval van de GSM is de puls gedurende 0,6 ms geactiveerd en is er een puls-off (of puls 0) periode van 4,6 ms of 217 Hz. Dit betekent dat in

een periode van 5,2 ms de puls slechts 0,6 ms of 10,7% van de tijd aan is en 89,3% van de tijd af. In termen van dutycyclus betekent dit dat de GSM een duty cyclus heeft van 10,7% en DECT van 3,85%. In de veronderstelling dat een constant signaal wordt uitgezonden wil dit zeggen dat de piekpuls bij GSM en DECT slechts 10,7% en 3,85% van de tijd kan duren en daardoor de veldsterkte bij een 6 minuten uitmiddeling veel kleiner is dan de piek.

7.3.1.2 Beoordelingscriteria

De besluitvorming en de eventuele aanbevelingen omtrent deze blootstelling zijn afhankelijk van de vergelijking van de beste statistische schatter met de enkelvoudige of samengestelde referentieniveaus van de Belgische norm voor frequenties tussen 10 MHz en 10 GHz [Ref. 22]. De referentieniveaus voor enkelvoudige frequenties worden per toepassing en frequentieband samengevat in tabel 14.

Tabel 14: Toepassingen, RF-frequentiebanden en blootstellingsnormen

TOEPASSING	FREQUENTIEBAND (MHz)	Referentieniveau (V/m) volgens Belgische norm
FM	88 - 108	13,7
TV3	174 - 223	13,7
TETRA	380 - 400	13,7
TV4&5	470 - 830	14,87 – 19,76
GSM Tx	860 - 915	20,12 – 20,75
GSM Rx	925 - 960	20,86 -21,25
DCS Tx	1710 - 1785	28,37 – 28,98
DCS Rx	1805 - 1880	29,14 – 29,74
DECT	1880 - 1900	29,74 – 29,90
UMTS Tx	1920 - 1980	30,06 - 30,53
UMTS Rx	2110 - 2170	30,7
WIFI	2400 - 2500	30,7
TOTAALVELD	88 - 2500	

Om de blootstelling t.o.v. de norm maximaal te evalueren wordt ook nagegaan of de formule voor samengestelde frequenties al dan niet moet toegepast worden.

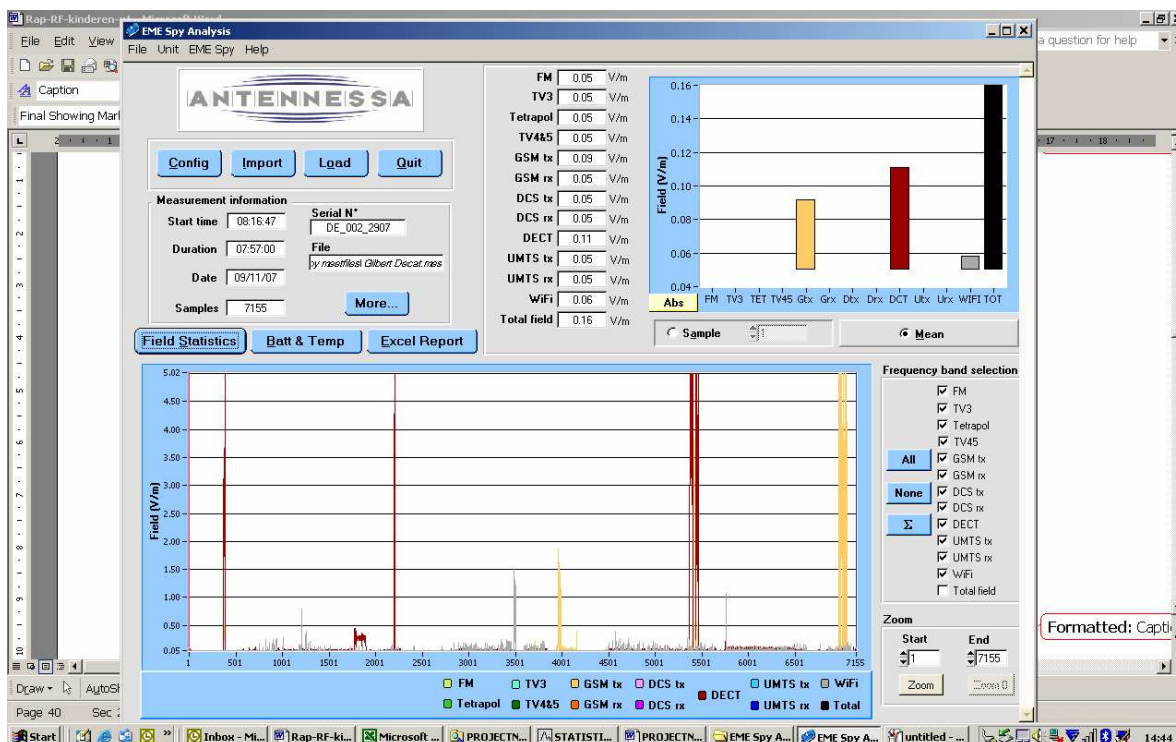
$$\sum_{10\text{MHz}}^{10\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{i(\text{ref})}} \right)^2 \leq 1$$

Indien de formule toegepast wordt en de uitkomst ervan groter is dan 1 is de samengestelde RF-straling in de woning niet conform met de Belgische norm en moet bekeken worden welke beschermende maatregelen moeten genomen worden.

7.3.1.3 Bespreking van de resultaten van één individu

Deze resultaten zijn gebaseerd op de persoonlijke exposimetrie bij 1 van de 86 deelnemers aan de campagne.

Figuur 14 toont het resultaat van de persoonlijke exposimetrie die gedurende 8 uren bij een persoon thuis gebeurde die, zoals figuur 15 aantoont, zich in een omgeving bevond waar de meest actuele interne draadloze bronnen (DECT, WIFI, GPS, GSM, Draadloze muis en PC) aanwezig zijn maar waar zich geen externe zendmasten in de nabijheid bevinden.



Figuur 14: Persoonlijke RF-exposimetrie bij 1 van de 86 deelnemers

Zoals men in de linker bovenhoek van figuur 14 kan zien bedroeg de registratieduur 7u57min. Daar het meetinterval per toepassing 4 seconden bedroeg werden over deze periode 7155 rms-waarden van het E-veld per toepassing gemeten en uitgemiddeld. De kleine grafiek in de rechter bovenhoek van de figuur toont het gemiddelde E-veld van respectievelijk de GSM-Tx (gele balk), de DECT- (bruine balk), de WIFI (grijs blokje) en de totale blootstelling. De grafiek onderaan toont het E-veld (rms) van alle toepassingen waaruit kan afgeleid worden dat wanneer getelefoneerd wordt met het DECT- (bruine curve) of het GSM- (gele curve) toestel de sterkte van het E-veld het maximaal meetbereik van 5 V/m van de Antennessa exposimeter (zie specificaties in de bijlagen) overschrijdt. Om na te gaan welke enerzijds de RF-blootstelling is die door deze toestellen (GSM en DECT) ter hoogte van het oor van de beller gegenereerd wordt en anderzijds te bepalen welk de passieve blootstelling is van niet-bellers in de omgeving van de beller werd dit door middel van meer doorgedreven spectrometrie verder onderzocht. De resultaten hiervan worden in de twee volgende hoofdstukken behandeld.

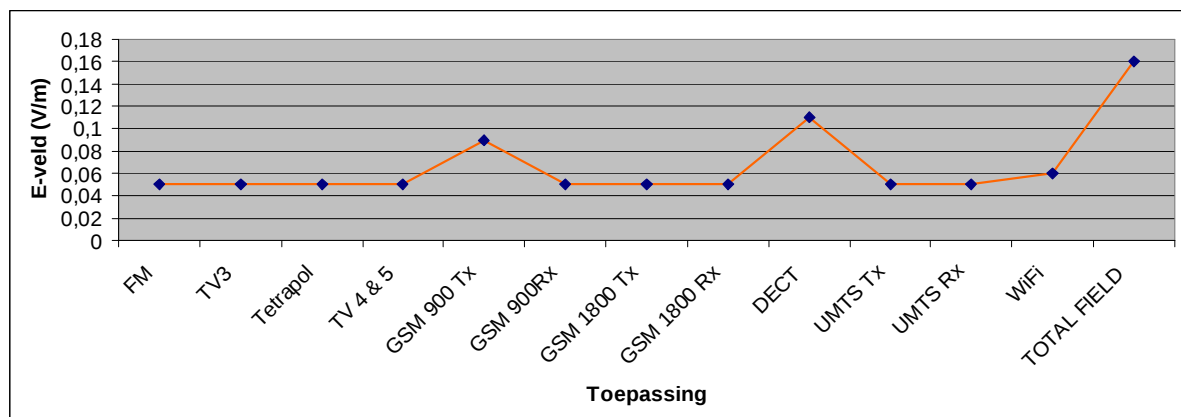
Figuur 15 toont de draadloze bronnen die aanwezig waren in de woning waar het E-veld gemeten werd dat in figuur 14 en 16 samengevat wordt alsook de manier waarop de metingen uitgevoerd werden.



Figuur 15: Omgeving met de meest actuele draadloze systemen

Deze omgeving kan beschouwd worden als een soort van positieve controle-omgeving omdat hier omzeggens alle draadloze binnenbronnen (draadloze PC en muis, DECT, GPS, GSM, wifi-router, afstandsbediening radio en TV) aanwezig waren en waarvan de RF-veld doorlopend gedurende 8 uren geregistreerd werd.

Figuur 16 toont het tijdsgemiddelde E-veld (rms) dat over 8 uren geregistreerd werd in de omgeving die getoond wordt in figuur 15.



Figuur 16: Exposimetrie van 1 van de 86 deelnemers

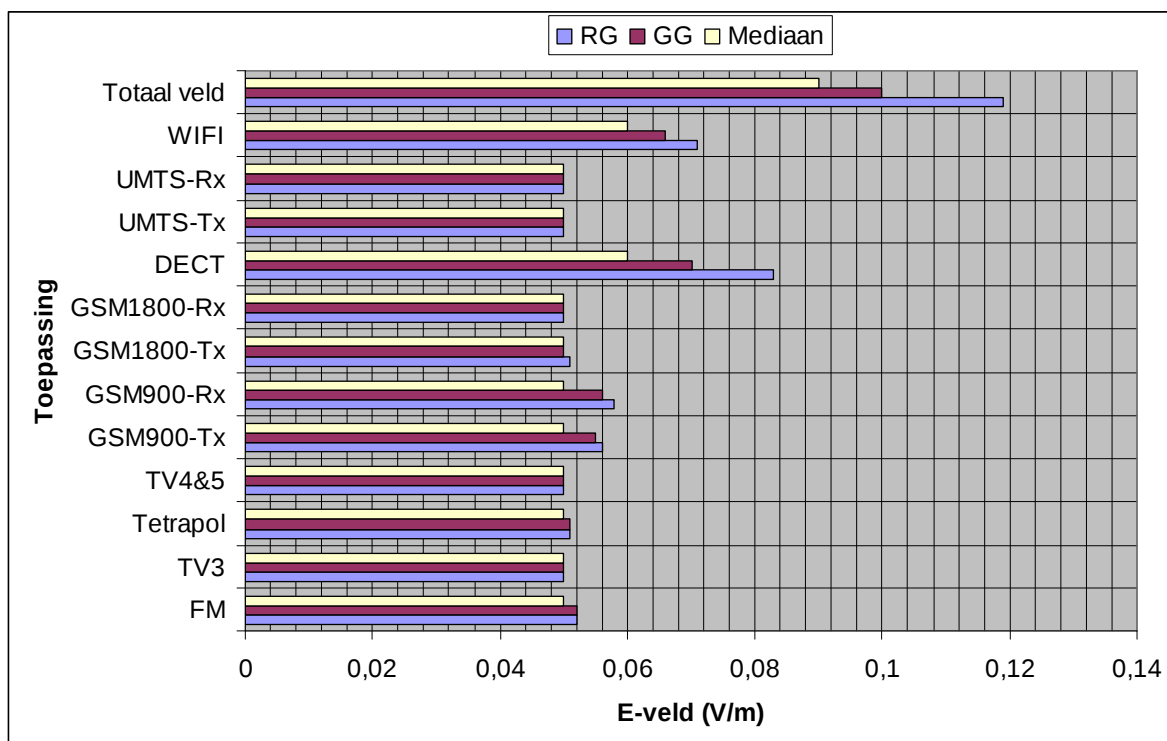
Uit figuur 16 blijkt dat de gemiddelde persoonsgebonden blootstelling voor alle toepassingen erg zwak is t.o.v. de betrokken referentieniveaus van de Belgische norm (zie tabel 13). Bovendien bedraagt het totaal veld slechts 0,16 V/m. Aangezien de veldsterkte van de enkelvoudige frequentie zo laag is, is het onnodig de gegevens te toetsen aan de Belgische norm voor samengestelde frequenties.

Wanneer de normformule voor samengestelde frequenties toegepast wordt op de gegevens van figuur 16 en de onderste grenswaarde van de Belgische norm genomen wordt als deler ($E_i(\text{ref})$) (meest ongunstig geval) wordt een waarde gevonden van 0,0016 die veel kleiner is dan 1 en is de samengestelde blootstelling dus conform met de norm.

7.3.1.4 Bespreking van de resultaten van de steekproef

De hiernavolgende resultaten zijn gebaseerd op een steekproef van 86 deelnemers.

In Figuur 17 zijn het rekenkundig gemiddelde (RG), het geometrisch gemiddelde (GG) en de mediaan van de effectieve waarde (rms) van het E-veld van de steekproef per toepassing weergegeven.



Figuur 17: Blootstellingsstatistieken van de exposimetrie van alle deelnemers per toepassing

Aangezien de Kolmogorov-Smirnov statistiek aantoont dat de gegevens van de toepassingen noch normaal noch lognormaal verdeeld zijn is de mediaan de beste schatter van de werkelijke blootstelling aan het E-veld. Hoe dan ook, uit figuur 17 blijkt dat de drie blootstellingsstatistieken van iedere toepassing erg klein zijn t.o.v. de betrokken referentieniveaus van de Belgische norm (tabel 14).

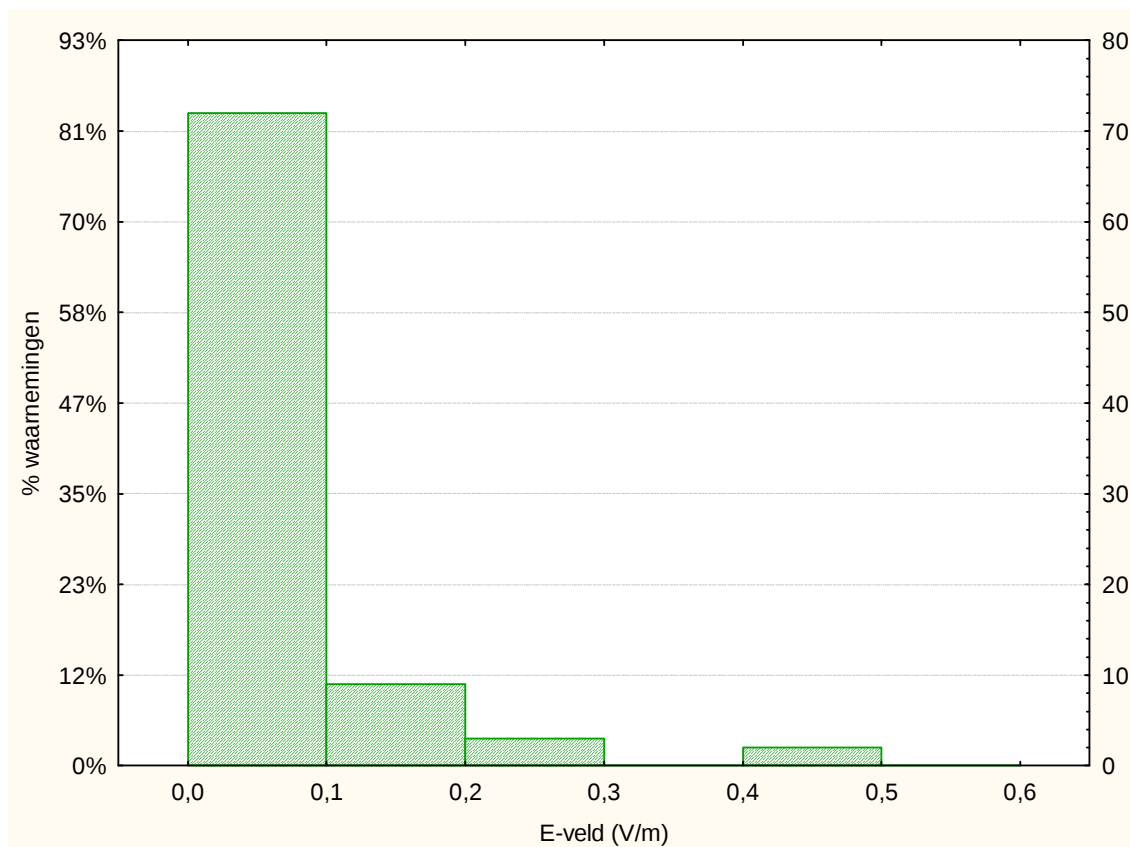
Tabel 15 geeft een meer gedetailleerd overzicht van de statistieken van de blootstelling

Tabel 15: Gedetailleerde blootstellingsstatistieken

Toepassing	N	E-veld (V/m)					
		RG	GG	Mediaan	Min.	Max.	S.D.
FM	86	0,052	0,052	0,050	0,050	0,130	0,010
TV3	86	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
Tetrapol	86	0,051	0,051	0,050	0,050	0,090	0,006
TV4&5	86	0,050	0,050	0,050	0,050	0,060	0,001
GSM900-Tx	86	0,056	0,055	0,050	0,050	0,130	0,015
GSM900-Rx	86	0,058	0,056	0,050	0,050	0,190	0,023
GSM1800-Tx	86	0,051	0,050	0,050	0,050	0,070	0,003
GSM1800-Rx	86	0,050	0,050	0,050	0,050	0,060	0,001
DECT	86	0,083	0,070	0,060	0,050	0,480	0,074
UMTS-Tx	86	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
UMTS-Rx	86	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000
WIFI	86	0,071	0,066	0,060	0,050	0,290	0,032
Totaal veld	86	0,119	0,100	0,090	0,050	0,550	0,089

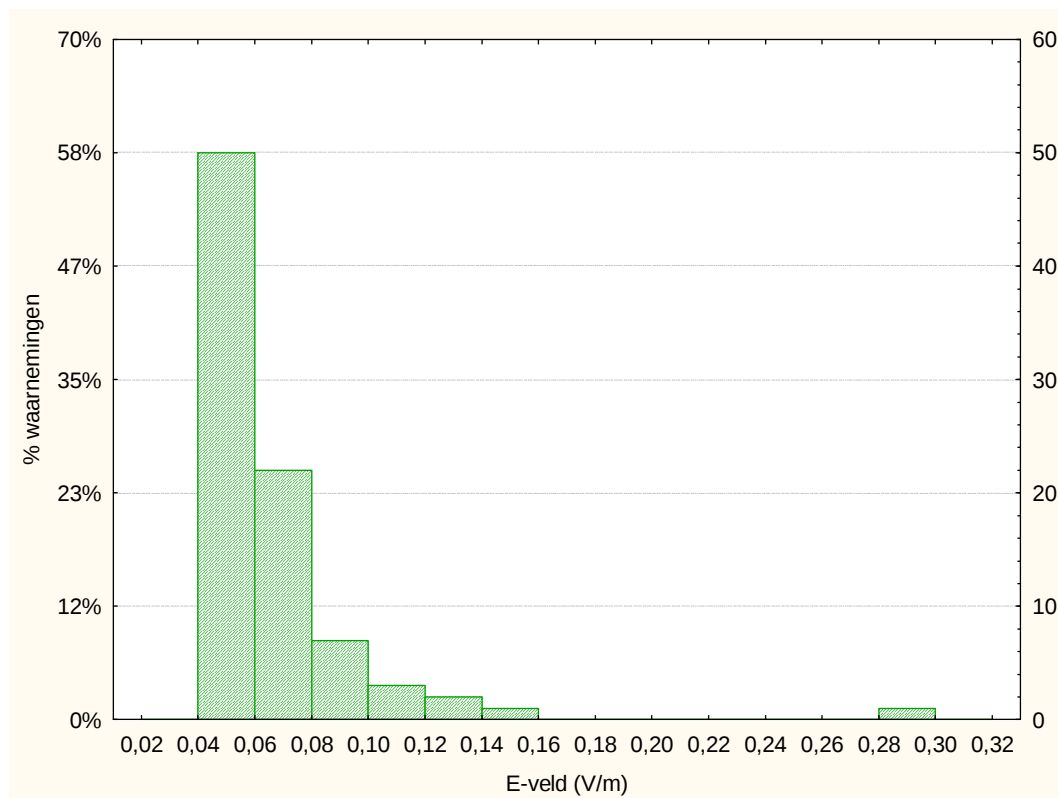
De tabel toont aan dat de grootste binnenhuisblootstelling te wijten is aan de DECT, de WIFI, de GSM900-Rx (downlink afkomstig van buitenzendmast(en)) en de FM-toepassingen. De maximale totale veldblootstelling bedraagt 0,55 V/m en is dus grotendeels afkomstig van de twee vernoemde externe (GSM en FM) en interne (DECT en WIFI) bronnen.

De figuren 18 tot 22 tonen de histogramanalyse die voor de DECT-, WIFI-, GSM-, FM-toepassingen en het totaal veld opgesteld werden.



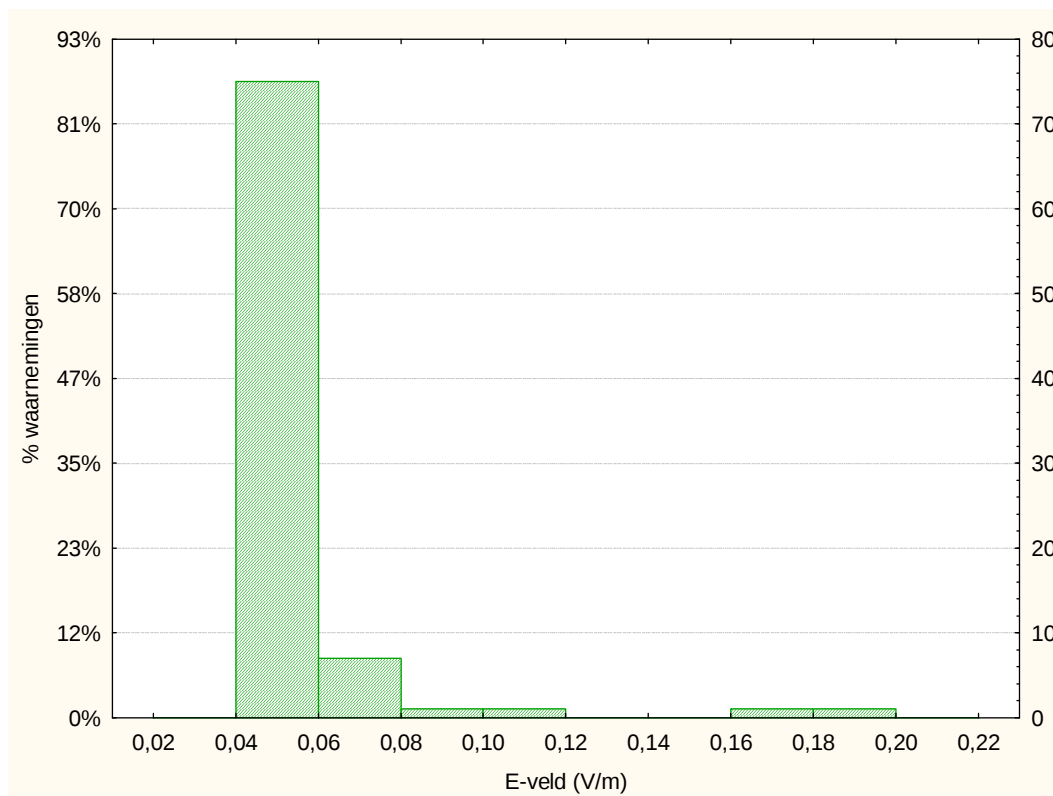
Figuur 18: Histogram van het DECT E-veld

Uit deze figuur leidt men af dat de overgrote meerderheid (82%) van de kinderen blootgesteld is aan een E-veld tussen 0 en 0,1 V/m (= 100 mV/m) en 1,16% (1/86) blootgesteld wordt aan 0,4 – 0,5 V/m.



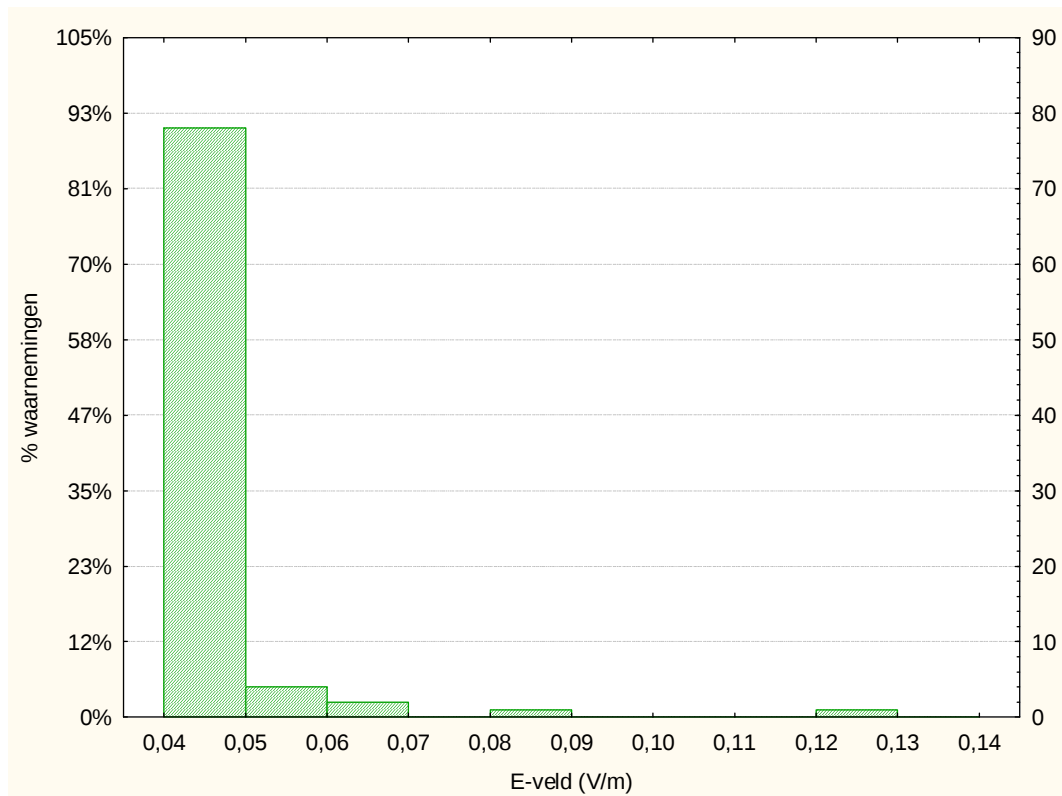
Figuur 19: Histogram van het WIFI E-veld

Uit deze figuur leidt men af dat de overgrote meerderheid van de kinderen blootgesteld is aan een E-veld tussen 0 en 0,16 V/m en een heel klein aantal aan ongeveer 0,30 V/m.



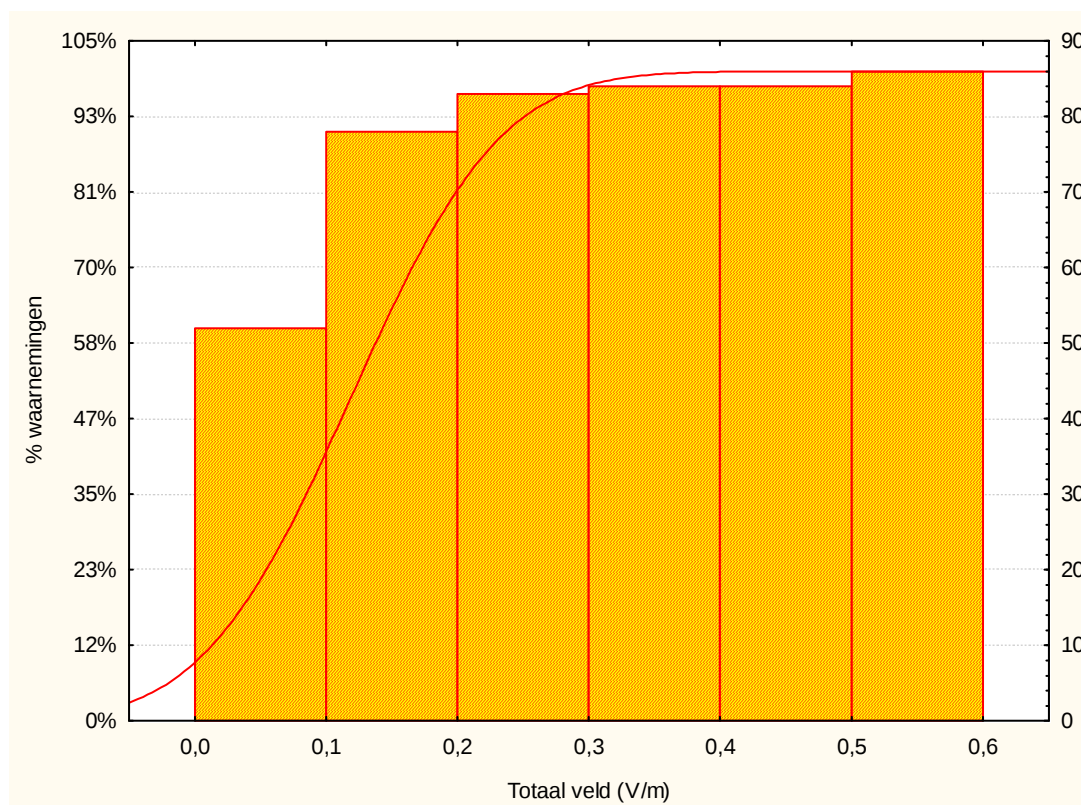
Figuur 20: Histogram van het GSM900-Rx (down link) E-veld

Uit deze figuur leidt men af dat de overgrote meerderheid van de kinderen blootgesteld is aan een E-veld tussen 0 en 0,12 V/m en een heel klein aantal aan ongeveer 0,20 V/m.



Figuur 21: Histogram van FM E-veld

Uit deze figuur leidt men af dat de overgrote meerderheid van de kinderen blootgesteld is aan een E-veld tussen 0 en 0,07 V/m en een heel klein aantal aan ongeveer 0,13 V/m.



Figuur 22: Cumulatieve frequentieverdeling van het totaal veld

Uit deze figuur leidt men af dat alle kinderen blootgesteld zijn aan een totaal veld van maximum 0,6 V/m.

7.3.1.5 Besluit betreffende RF-blootstelling aan interne en externe bronnen

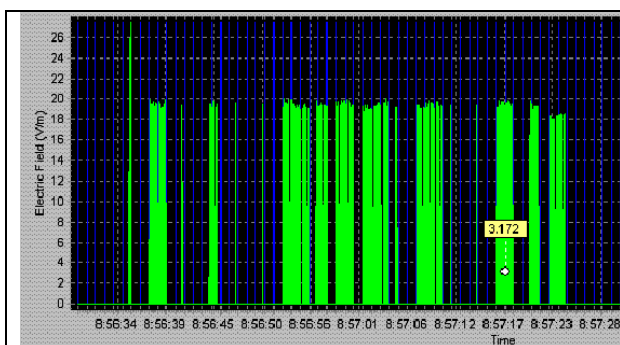
Uit de resultaten, die ook rekening houden met de mobiliteit van de kinderen, blijkt dat de persoonsgebonden binnenhuisblootstelling aan de RF-velden gegenereerd door een mix van interne en externe draadloze bronnen zwak is. Dit in tegenstelling tot wat vaak beweerd wordt op basis van plaatsgebonden i.p.v. persoonsgebonden gegevens die gemeten werden op zeer korte afstand van de bron zonder de mobiliteit van het kind in overweging te nemen. Uit studies waarin voor woningen die onder hoogspanningslijnen staan de persoons- en plaatsgebonden ELF-blootstelling met elkaar vergeleken werd blijkt dat de persoonsgebonden blootstelling substantieel (tot 50%) kleiner kan zijn dan de plaatsgebonden blootstelling. Daar de persoonsgebonden blootstelling rekening houdt met de mobiliteit van een persoon is het de beste schatter van de werkelijke blootstelling en daarom de meest efficiënte blootstelling in het onderzoek naar epidemiologische associaties tussen de RF-blootstelling en mogelijke gezondheidsrisico's.

7.3.2 RF-veld van GSM- en DECT handtoestellen

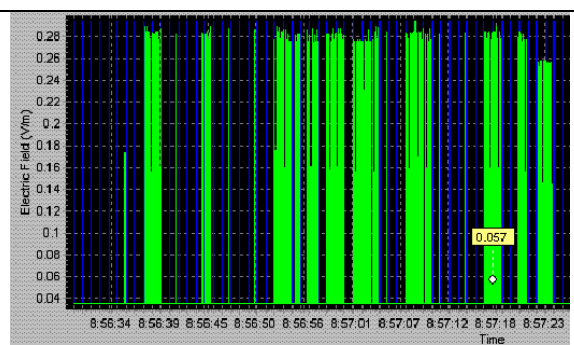
7.3.2.1 GSM-handtoestel

7.3.2.1.1 RF-veld ter hoogte van het oor

De enige manier om deze blootstelling te simuleren door metingen is het plaatsen van het GSM-toestel op de wand van de meetsonde terwijl het GSM-toestel belt. Ofschoon dit geen enkel probleem met zich mee brengt i.v.m. de meetopstelling rijzen hier wel problemen i.v.m. de betrouwbaarheid van het bekomen E-veld. Het probleem is dat de golflengtes van de 900 en 1800 MHz respectievelijk 33 en 16 cm bedragen en de meting dan in het nabije veld i.p.v. het verre veld gebeurt terwijl alle RF-meetapparatuur gebouwd is om op basis van de vlakke golftheorie in het verre veld te meten. Hoe dan ook, de metingen werden uitgevoerd terwijl het bellende GSM-toestel op de meetsonde gemonteerd was en worden vergeleken met veldwaarden die berekend werden uitgaande van verre veld metingen.



Figuur 23: E-veld van 900 MHz uplink
(frequentieband 50 MHz)

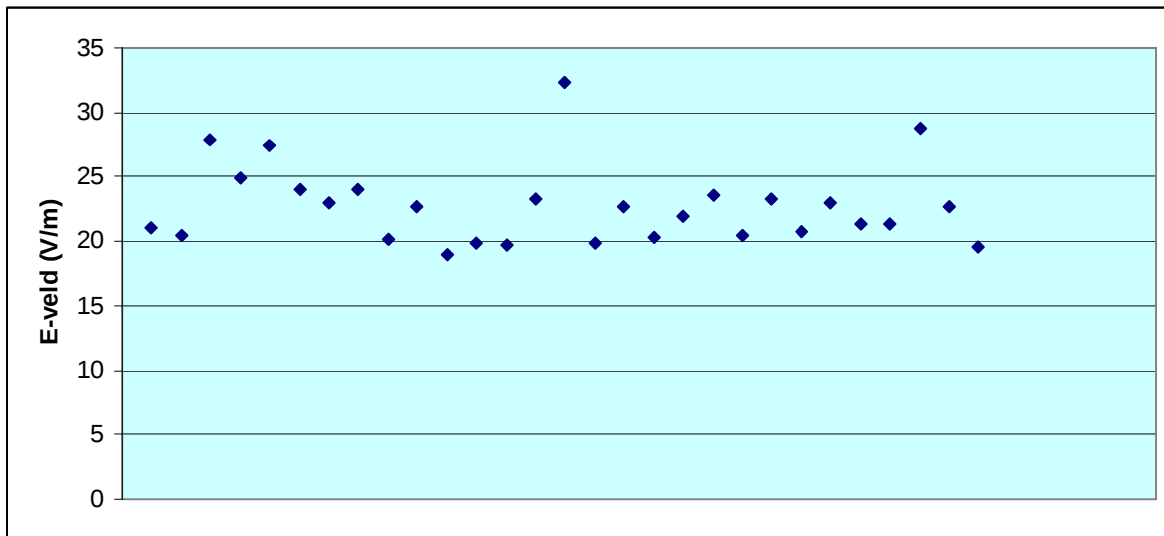


Figuur 24: E-veld van 1800 MHz uplink
(frequentieband 200 MHz)

Deze figuren tonen aan dat het E-veld een constant tijdsverloop kent en dat de piekwaarde substantieel groter is dan de effectieve waarde (rms) die uitgemiddeld wordt over 6 minuten. Bij de 900 MHz GSM bedraagt de piekwaarde van het E-veld ongeveer 20 V/m terwijl de rms uitgemiddeld over 6 minuten slechts 3,172 V/m bedraagt. Bij de 1800 MHz liggen de waarden betekenisvol lager. Hoe dan ook, de bedoeling van deze figuur is gewoon het tijdsverloop van het E-veld te illustreren tijdens een telefoongesprek.

Figuur 25 geeft een overzicht van de verdeling van de maximale E-veldsterkte bij 30 toestellen die ons door de ouders van 30 kinderen die aan de campagne deelnamen ter beschikking werden gesteld. Tijdens het meten van het E-veld was de belduur 1 à 2 minuten en de frequentie 900 en 1800 MHz uplink. Van ieder toestel dat ter beschikking werd gesteld werd een grafiek gemaakt zoals in de figuren 23 en 24 wordt geïllustreerd.

Figuur 25 toont de verdeling van het maximum E-veld dat bij de 30 handtoestellen over een belduur van 1 à 2 minuten geregistreerd werd.

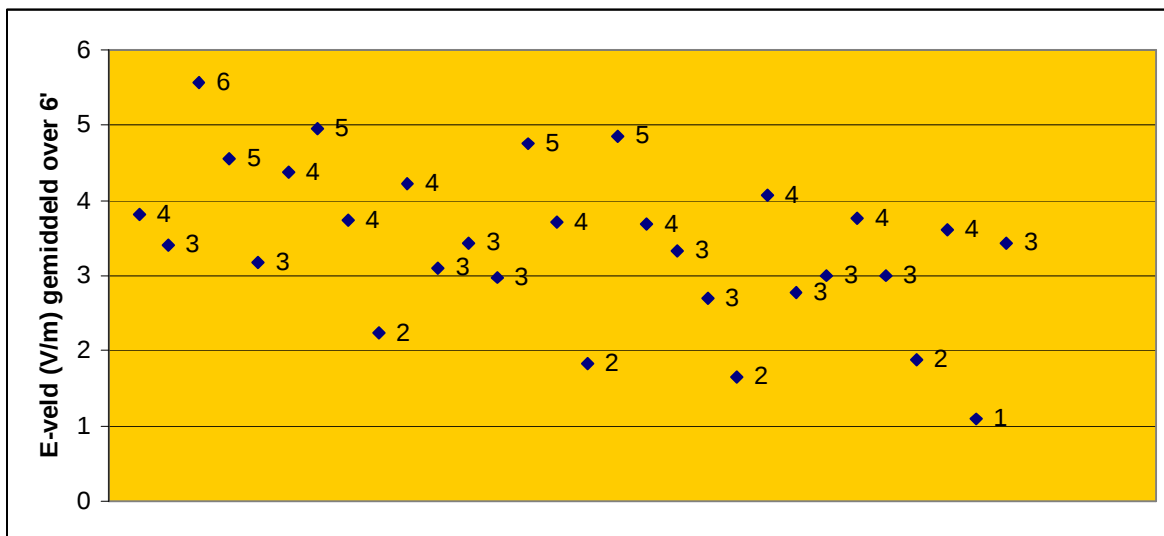


Figuur 25: Verdeling van het maximaal E-veld tijdens het bellen

Noteer dat in de x-as de namen van de eigenaars van de GSM-toestellen niet weergegeven worden.

De gemiddelde maximale waarde bij de 30 GSM-toestellen die respectievelijk op de meetsonde gemonteerd werden bedraagt 23 ± 3 V/m. Met een zekerheid van 95% kan gesteld worden dat de maximale waarde aan het oor tussen 22 en 24 V/m ligt, er bestaat een kans van 5% dat we ons vergissen.

Dezelfde interpretatie kan gegeven worden aan de verdelingen van de over 6 minuten uitgemiddelde rms-waarde die in figuur 26 getoond wordt. In dit geval varieert het E-veld van 1 tot 6 V/m (zie getallen in figuur 26) en is de gemiddelde veldsterkte $3,4 \pm 1$ V/m. Met een met een zekerheid van 95% kan gesteld worden dat de rms-waarde die aan het oor gemeten werd tussen 3 en 3,8 V/m ligt, er bestaat een kans van 5% dat we ons vergissen.



Figuur 26: Verdeling van rms E-veld (6' uitmiddeling) tijdens het bellen

Wanneer het toestel uitgeschakeld was varieerde de minimale veldsterkte of de backgroundwaarde van 0 tot 0,02 V/m.

Om na te gaan in hoeverre het E-veld dat in het nabije veld gemeten werd de werkelijkheid weerspiegelt wordt dit veld vergeleken met de theoretisch te verwachten waarde ervan die berekend werd uit de grootte van het E-veld dat in het verre veld gemeten werd.

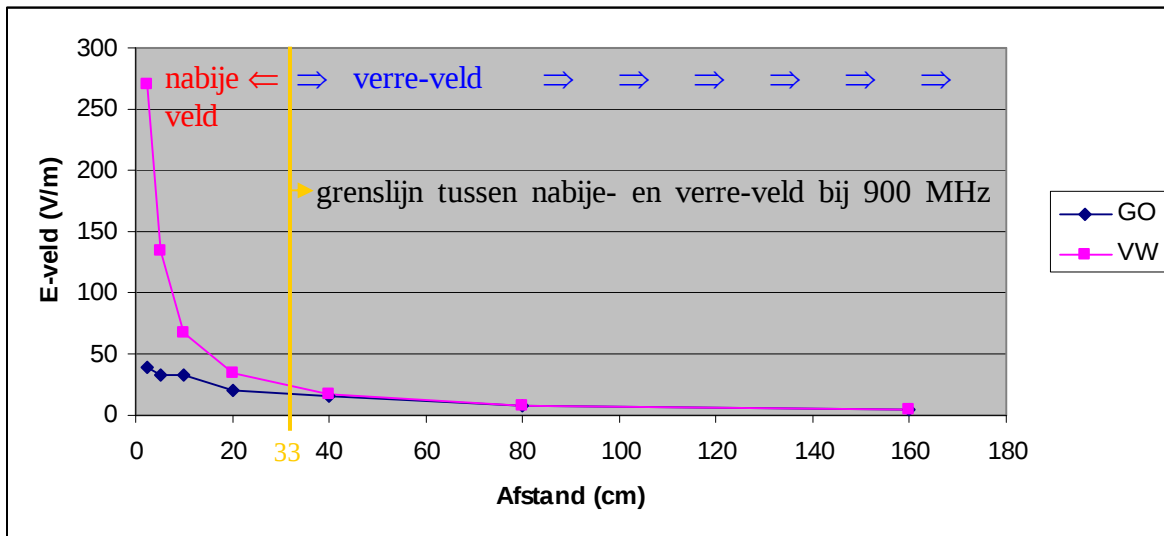
Om dit op een representatieve wijze te doen werd de sterkte van het E-veld van drie verschillende providers (A, B en C) op verdubbende afstanden van 0 tot 1,60 m van de meetsonde gemeten. Voor iedere operator werden de metingen ten minste tweemaal herhaald. De belduur was telkens 3 minuten. De resultaten van het maximale veld over de 3' periode worden in tabel 16 weergegeven.

Tabel 16: Maximaal E-veld (V/m) op verschillend afstanden van het GSM-handtoestel

Afstand (cm)	A (V/m)			B (V/m)		C (V/m)			Gemid. (V/m)	S.D (V/m).
	m1	m2	m3	m1	m2	m1	m2	m3		
0	44	45	44	38	38	34	34	34	39	5
5	35	39	37	29	32	35	31	26	33	4
10	34	37	34	32	31	30	32	32	33	2
20	27	30	30	25	24	24	26	27	27	2
40	19	17	17	13	12	16	12	14	15	2
80	9	11	10	6	6	7	6	7	8	2
160	4	5	7	3	4	4	4	3	4	1

m1 – m3: meting van 1 tot 3; Gemid.: gemiddelde; S.D.: standaarddeviatie.

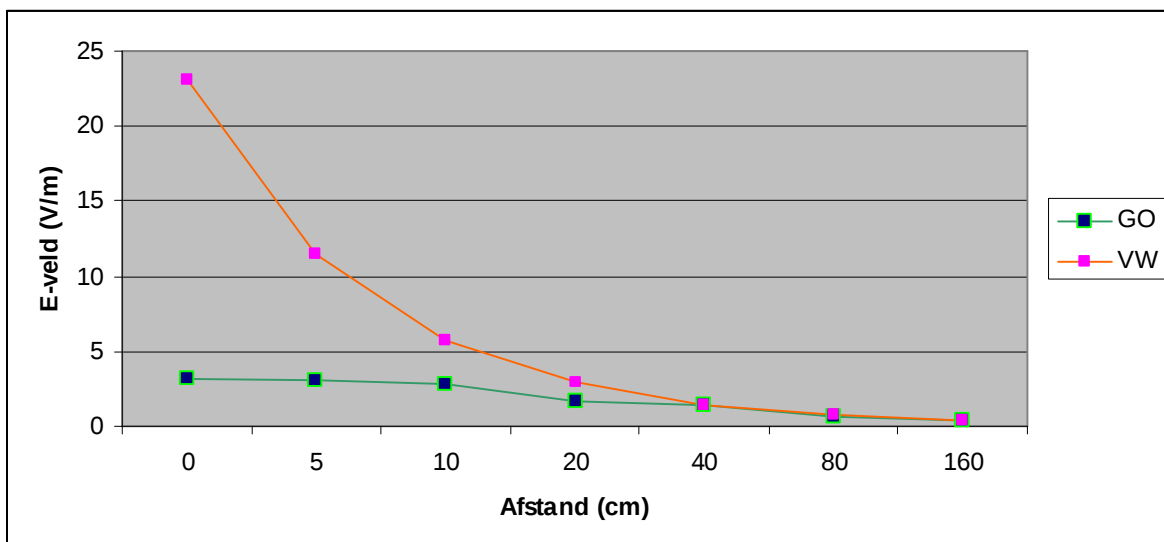
Tabel 16 toont aan dat het gemiddeld maximaal E-veld dat gemeten werd wanneer het GSM-toestel op de meetsonde gemonteerd werd (afstand 0 cm) 39 V/m bedraagt en nog 4 V/m op een afstand van 160 cm bedraagt. Daar de grens tussen het nabije veld en het verre veld bij 900 MHz ruwweg genomen op 33 cm (= 1 golflengte) van het GSM-toestel ligt kan de 4 V/m die met zekerheid in het verre veld gemeten werd dienen als uitgangswaarde om de theoretisch te verwachten veldsterkte in het nabije veld te berekenen. Passen we nu de proportionele afstandswet toe die zegt dat het E-veld evenredig afneemt met de afstand (1/r) in de omgekeerde richting met 4 V/m als beginwaarde, krijgen we het resultaat zoals voorgesteld in Figuur 27.



Figuur 27: Geobserveerd (GO) en theoretisch verwacht (VW) E-veld versus de afstand tot het GSM-toestel

Uit figuur 27 blijkt dat er een goede overeenkomst bestaat tussen de gemeten en de theoretisch te verwachten veldsterkte zolang men zich in het verre veld (afstand > 33 cm) bevindt. Naarmate men zich met de meetsonde meer naar de 0 afstand van het nabije veld begeeft wordt het verschil tussen de gemeten en berekende veldsterkte steeds groter. Bij afstand 0, dus wanneer de GSM-toestel tegen de meetsonde plakt zoals men dat meestal doet tegen het oor tijdens het bellen, is het verschil tussen het geobserveerde en verwachte E-veld enorm groot.

Figuur 28 toont hetzelfde effect wanneer dezelfde benadering gevolgd wordt voor de effectieve waarde (rms) van het E-veld uitgemiddeld over 6 minuten.



Figuur 28: Geobserveerd (GO) en theoretisch verwacht (VW) E-veld versus de afstand tot het GSM-toestel

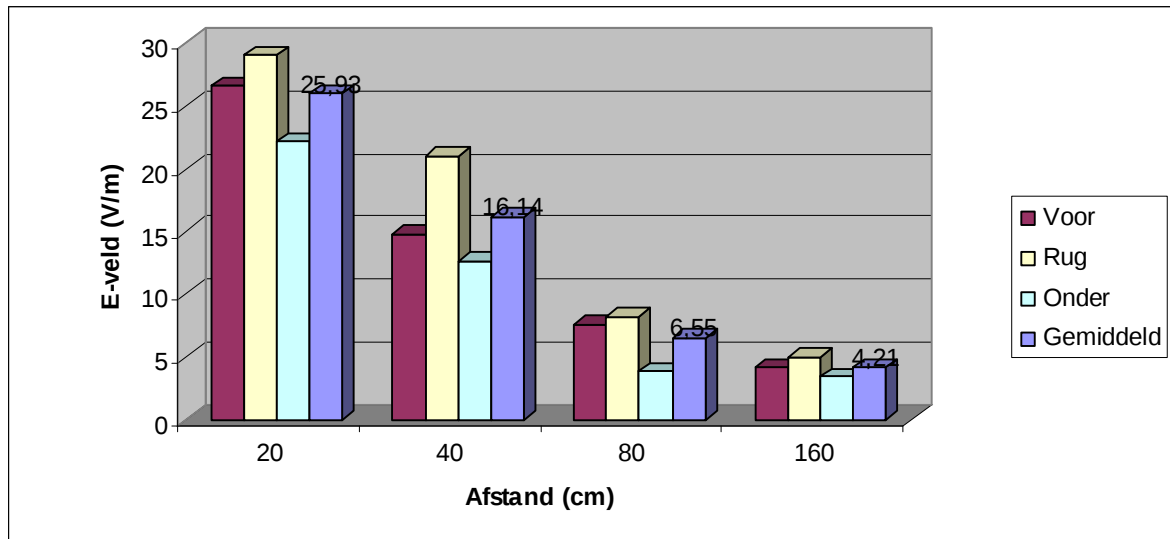
Het belangrijkste besluit uit deze rubriek is dat de RF-metingen van het GSM-toestel die binnen het nabije veld gebeuren niet beantwoorden aan de vlakke golftheorie die van

toepassing is binnen het verre veld en waarvoor de meetsensoren ontworpen zijn. Bijgevolg zijn de metingen binnen het nabije veld niet betrouwbaar en ter hoogte van het oor substantieel groter dan de metingen uitwijzen. Noteer dat deze afwijking tussen geobserveerde en verwachte veldsterkte niet van toepassing is op de resultaten van de persoonsgebonden exposimetrie die in de vorige rubrieken bekomen werden, deze metingen gebeurden immers allemaal in het verre veld.

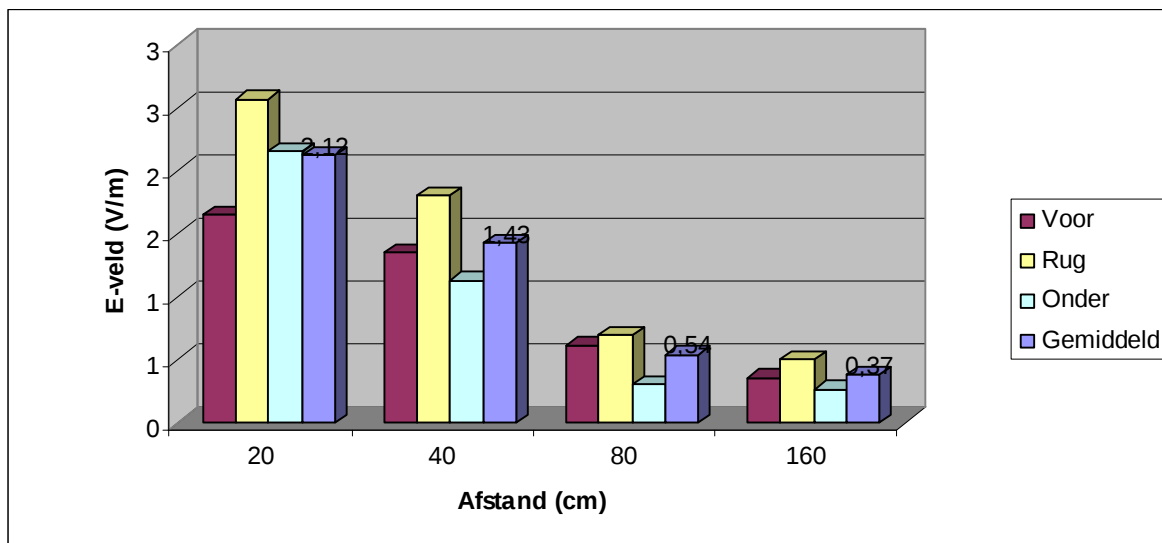
7.3.2.1.2 Passieve blootstelling aan het RF-veld van het GSM-toestel

Rekening houdende met de afwijking van het meetresultaat dat optreedt in het nabije veld werden de metingen voor dit doeleinde uitgevoerd op een afstand van 20 cm (quasi verre veld) tot 160 cm van de voor-, de rug- en de onderzijde van GSM-handtoestellen met provider A, B en C.

De figuren 29 en 30 tonen respectievelijk de maximale veldsterkte en de rms uitgemiddeld over 6 minuten in functie van de afstand tot de verschillende zijden van het GSM-toestel.



Figuur 29: Maximaal E-veld op verschillende afstanden van de drie zijden van de GSM



Figuur 30: Gemiddeld E-veld (6' rms) op verschillende afstanden van de drie zijden van de GSM

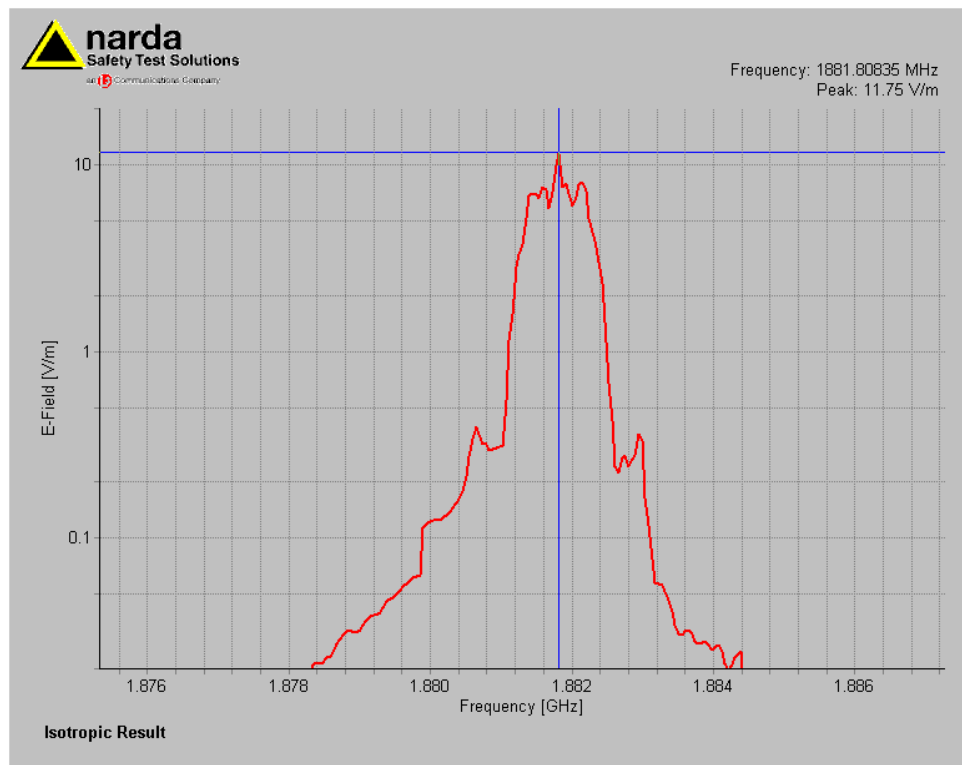
Uit beide figuren leiden we af dat de uitstraling van het E-veld aan de rugzijde van het toestel iets groter is dan aan de voorzijde die op haar beurt iets groter is dan de uitstraling aan de onderzijde. Hoe dan ook, de belangrijkste conclusie uit deze figuren is dat de gemiddelde maximale strooivelden (figuur 29) tussen 20 en 160 cm relatief sterk zijn t.o.v. die van de GSM-zendmasten (max. 0,2 V/m zie figuur 20 in rubriek 7.3.1.1). Dit houdt in dat de passieve RF-blootstelling van het kind dat bijvoorbeeld op de schoot zit van een bellende persoon veel groter kan zijn dan de blootstelling die het ontvangt van de zendmasten. Vergelijken we bijvoorbeeld de maximale gemiddelde waarde van 16,14 V/m die op een afstand van 40 cm van de GSM gemeten werd (figuur 29) met de Belgische GSM-norm van 20,6 V/m voor de 900 MHz band, dan stellen we vast dat het kind op 40 cm van de GSM ongeveer 80% van de maximale norm ontvangt. Op een afstand van 20 cm wordt de norm overschreden.

Het is de effectieve waarde uitgemiddeld over 6 minuten die in theorie moet getoetst worden aan de norm om te beslissen of al dan niet beschermende maatregelen moeten genomen worden. Maar aangezien er geen biologische evidentie is of het lichaam reageert op de piek- of op de gemiddelde rms-waarde zou op basis van voorzichtigheid of voorzorg best niet gebeld worden met het kind op de schoot of in de onmiddellijke nabijheid van de beller. Verwijder u liefst op een afstand van 1,5 tot 2 m van het kind alvorens te bellen. Ook in de wagen kan aandacht besteed worden aan de passieve blootstelling van het kind door het gebruik van de GSM daar tot het strikt minimum te beperken. Meer algemeen zou men kunnen stellen dat aandacht moet besteed worden aan de passieve blootstelling van de zogenaamde gevoelige groepen zoals kinderen en zwangere vrouwen.

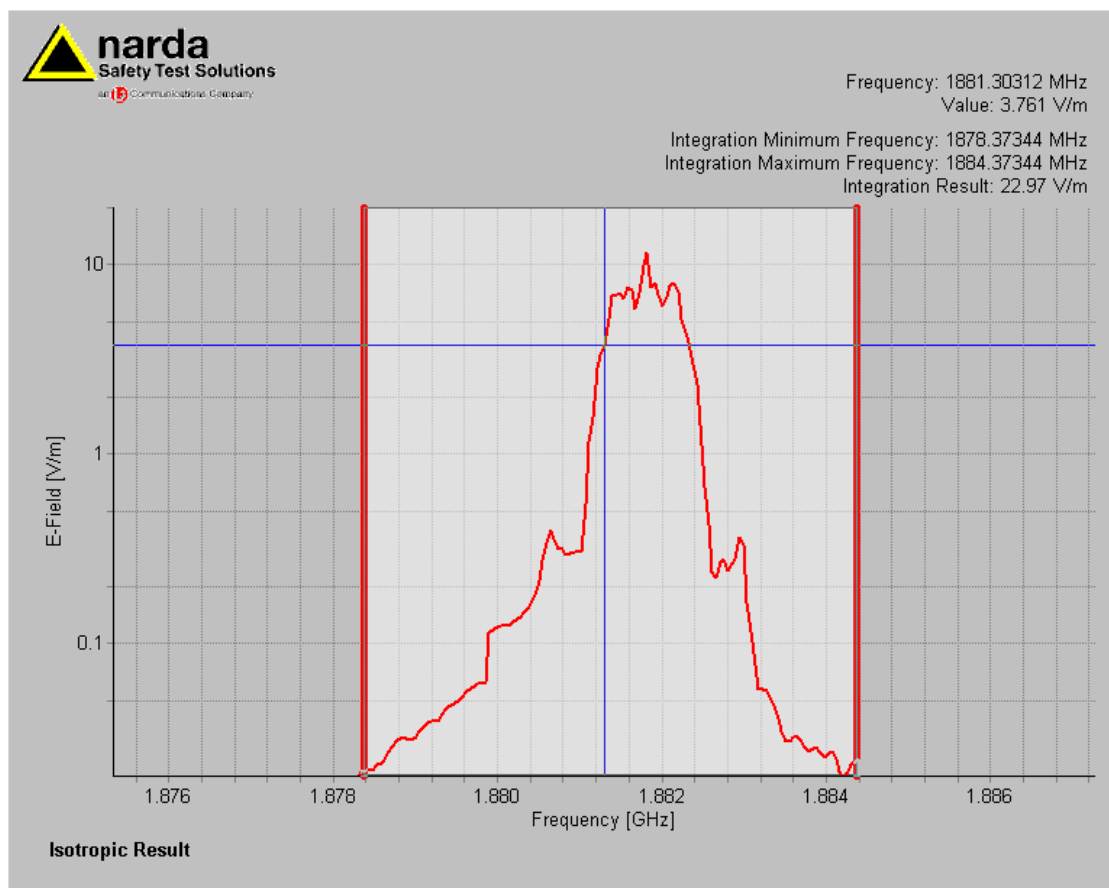
7.3.2.1.3 Passieve blootstelling aan het RF-veld van het DECT-toestel

De metingen werden uitgevoerd op een DECTGIGSET A240 (Siemens) met de volgende kenmerken: centrale frequentie van 1880 – 1900 MHz, maximum vermogen van 250 mW, pulsduur van 0,4 msec met pulsinterval van 10 msec (100 Hz) en een gemiddeld vermogen van 10 mW.

Figuur 31 en Figuur 32 tonen het verloop van het signaal bij het meten van de piek- en de geïntegreerde waarde van het E-veld van het DECT -basisstation.

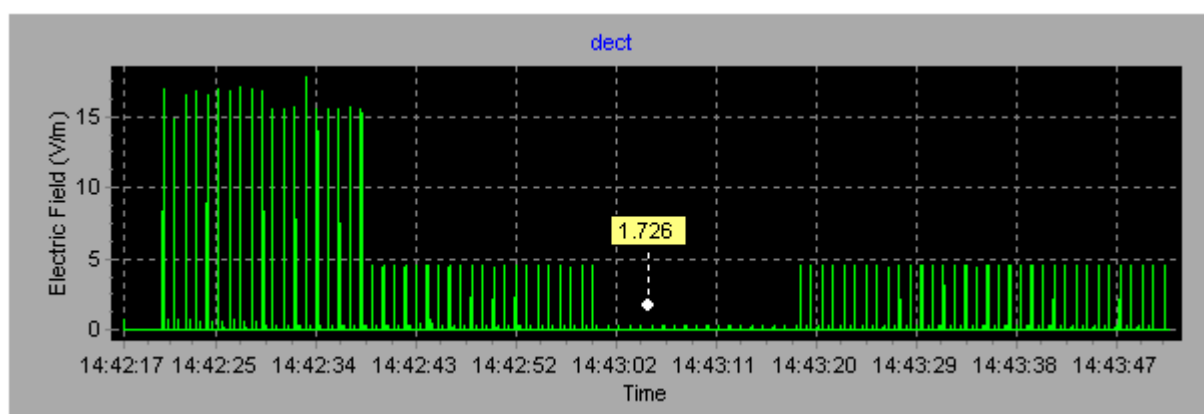


Figuur 31: Piekveldsterkte van DECT-signaal (bron: VITO, 2007)



Figuur 32: E-veld van de geïntegreerde frequentie (bron: VITO, 2007)

Figuur 33 illustreert het verloop van het E-veld dat op een afstand van 20 cm (verre veld) van het DECT handtoestel tijdens het bellen gedurende 1,5 minuut geregistreerd werd.

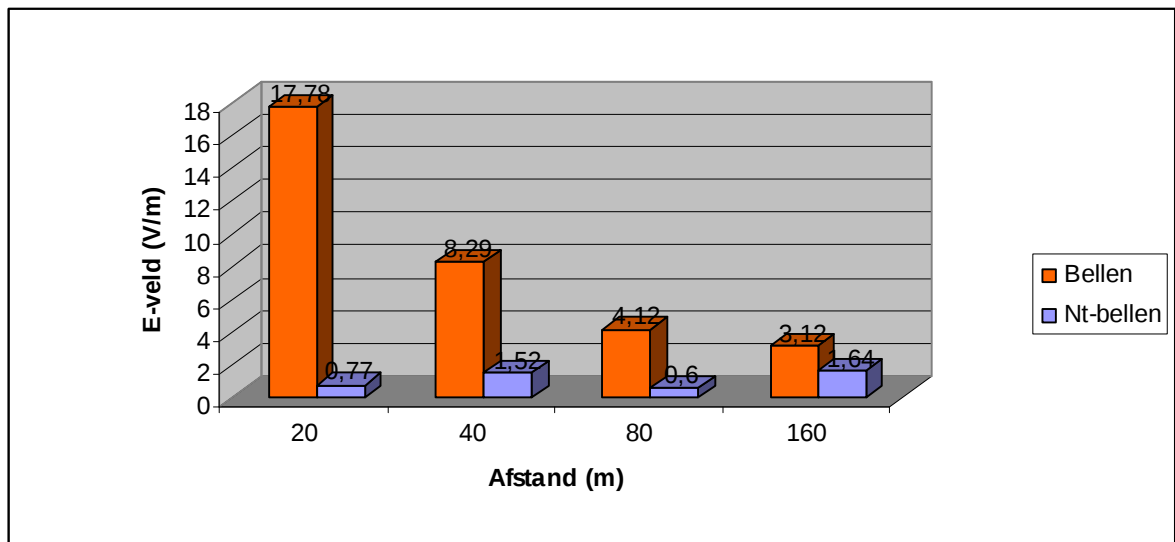


Figuur 33: Tijdsverloop van het E-veld van het DECT-toestel op een afstand van 20 cm

De piekwaarden schommelen rond 15 V/m en de rms uitgemiddelde waarde over 6 minuten is 1,726 V/m.

Uitgaande van de golflengte die bij DECT frequentie van 1881 MHz 16 cm bedraagt, werd de passieve RF-blootstelling bepaald binnen een afstandsstraal van 20 tot 160 cm. Bij het meten van het E-veld op verschillende afstanden van het DECT-handtoestel bevond het DECT-basisstation zich steeds op 2 m afstand van de rugzijde van het handtoestel.

Figuur 34 toont de sterkte van het E-veld op verschillende afstanden van het handtoestel terwijl er gebeld en niet gebeld werd.



Figuur 34: Maximaal E-veld versus afstand tot het DECT-handtoestel tijdens het bellen en niet bellen

Daar het basisstation doorlopend uitzendt is de background die tijdens het niet bellen met het handtoestel gemeten werd (blauwe balk in figuur 34) te wijten aan het RF-veld dat door het basisstation uitgezonden wordt.

Voor wat de passieve straling tijdens het bellen betreft kan het kind in de nabijheid van de beller blootgesteld worden aan RF-strooivelden die eveneens substantieel groter zijn dan de background die veroorzaakt wordt door het basisstation. Aangezien het basisstation van de DECT dichter bij het handtoestel staat dan de zendmast van het GSM-toestel vergt de DECT-communicatie minder vermogen dan het GSM-toestel en kan zoals door vergelijking van de figuur 34 met figuur 29 aangetoond worden dat de passieve blootstelling die veroorzaakt wordt door het DECT-handtoestel kleiner is dan die veroorzaakt door het GSM-handtoestel. Ofschoon zwakkere strooivelden kunnen voor DECT dezelfde binnenshuis aanbevelingen gedaan worden als voor het GSM-toestel.

7.3.2.1.4 Besluit betreffende de RF-blootstelling van draadloze handtoestellen

Er werd aangetoond dat de sterkte van het E-veld die ter hoogte van het oor gemeten werd onderschat wordt t.o.v. de sterkte die berekend werd op basis van de vlakke golftheorie. Het belangrijkste besluit is dat binnen een straal van 1,60 m de passieve RF-blootstelling die veroorzaakt wordt door het draadloos bellen met GSM of DECT substantieel groter is dan de blootstelling die veroorzaakt wordt door binnens- en/of buitenshuis draadloze basisstations. In dit verband wordt best aandacht besteed om de passieve RF-blootstelling van gevoelige groepen (kinderen en zwangere vrouwen) in de mate van het mogelijke te beperken door niet te bellen in hun aanwezigheid of door het handtoestel tijdens het bellen liefst op 1,60 m van gevoelige groepen te houden

8 ALGEMEEN BESLUIT

Als algemeen besluit kan gesteld worden dat de binnenhuisblootstelling van het kind aan de ELF-, VLF- en RF-velden die door interne en externe bronnen gegenereerd worden over het algemeen zeer zwak is t.o.v. de referentieniveaus van de nationale en internationale normen, aanbevelingen of richtlijnen enerzijds en met mogelijk risico-bevattende grenswaarden die geen normen zijn anderzijds.

De binnenshuis RF-blootstelling van het kind door de interne en externe basisstations (GSM-, UMTS-, WIFI, ASTRID, FM, Bluetooth) is tevens zwak t.o.v. de passieve blootstelling die door het GSM- of DECT-handtoestel ter hoogte van de niet-beller gegenereerd wordt.

Berekeningen op basis van de vlakke golftheorie toonden aan dat simulatiemetingen die in het nabije veld uitgevoerd worden om de grootte van het RF-veld ter hoogte van het oor/hoofd van de beller te bepalen onbetrouwbaar en onderschat zijn. Daar er in het verre veld daarentegen wel een goede overeenkomst is tussen gemeten en berekende veldwaarden moeten metingen van het E-veld omwille van de betrouwbaarheid in dit veld gebeuren en naar het nabije-veld geëxtrapoleerd worden.

9 AANBEVELINGEN

Voortgaande op de persoonlijke exposimetrie zijn er voor wat de binnenshuisblootstelling van het ELF- en RF-veld betreft geen aanbevelingen te doen. In tegenstelling tot wat vaak beweerd wordt is zelfs persoonsgebonden WIFI-blootstelling bij een gebruik van 8 uur van de draadloze PC erg zwak. Deze vaststelling beoogt echter geen aanmoediging tot meer gebruik van deze technologie maar schept wel een objectiviteit waardoor de keuze tussen PC zonder of met draad minder of niet beïnvloed wordt.

Op basis van de geobserveerde ogenblikkelijke plaatsgebonden puntmetingen van het VLF-veld van de TV- en PC-schermen moeten volgens de interpretatie van de huidige blootstellingslimieten geen aanbevelingen geformuleerd worden.

Daar vastgesteld werd dat relatief sterke piekvelden aan het oor/hoofd door het GSM- en DECT handtoestel kunnen geproduceerd worden en kinderen bovendien meer energie absorberen dan volwassenen (zie Stewart rapport) wordt aanbevolen dat kinderen beide handtoestellen beperkt gebruiken. In dit opzicht is het verspreiden van de GSM-folder “Bel Gezond en Wel” die door het “Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid” in de scholen verspreid werd verantwoord. Dit zou ook mogen doorgetrokken worden tot het gebruik van de DECT-telefoon alhoewel dit toestel veel minder dan de GSM door kinderen gebruikt wordt.

Passieve RF-blootstelling van gevoelige groepen (kinderen, zwangere vrouwen) kan men vermijden of minimaliseren door niet of beperkt met GSM of DECT te bellen wanneer dergelijke personen zich binnen een straal van 1,50 m bevinden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het kind op de schoot van de beller zit of met de wagen meerijdt.

Aangezien het basisstation van een DECT-set continu een RF-veld uitzendt, is het aangeraden dit station niet te plaatsen in de speel- of slaapkamer, of een andere plaats waar het kind vaak verblijft.

Tot slot wordt erop gewezen dat het hier gaat om een pilootstudie die uniek is in België en omwille van de beperkte steekproefgrootte slechts een zekere trend kan aangeven. Hoe dan ook, de studie kan beschouwd worden als gangmaker voor verder onderzoek op basis van een grotere steekproef met een gebalanceerde geografische spreiding van de deelnemers.

Door gebrek aan gegevens wordt de zogenaamde blootstellingsinschatting (exposure assessment door middel van metingen, blootstellingsmodellen en dosimetrie) van gevoelige groepen aan elektromagnetische velden door de wereldgezondheidsorganisatie en andere internationale gezondheidsorganen tegenwoordig sterk aanbevolen. Daarom zou bijkomend onderzoek naar de blootstelling aan en het mogelijk gevolg van elektromagnetische velden speciaal gericht naar gevoelige groepen geen luxe maar een noodzaak zijn.

10 BIJLAGEN:

Om een beter en vollediger inzicht te geven in dit rapport en de materie niet-ioniserende straling in het algemeen zijn de volgende onderwerpen in de bijlagen opgenomen:

- o Bijlage 1: Specificaties van de gebruikte meetapparatuur
- o Bijlage 2: Elektronische enquête blootstellingsbronnen
- o Bijlage 3: Kenmerken van niet-ioniserende straling
- o Bijlage 4: Afkortingen en woordverklaringen
- o Bijlage 5: Fact sheets of the world health organization: Electromagnetic fields and public health
- o Bijlage 6: Lijst met relevante websites

10.1 Specificaties van de gebruikte meetapparatuur

De tabellen 7 – 10 tonen de specificaties van de meettoestellen die gebruikt werden in de meetcampagne.

Tabel 17: Specificaties van Standard EMDEX LITE ELF Monitor

Feature	Specification
Meter Purpose	Versatile Personal Magnetic Field Measurement System
Data Collection	Actual Measurements
Recording	Yes
Range	0.1 - 700 mG (0.01 - 70 μ T)
Resolution	0.1 mG (0.01 μ T)
Typical Accuracy	$\pm$ 2%
Frequency	40 - 1,000 Hz
Max Sample Rate	4.0 Seconds
Internal Memory	128 Kb
Display (mG or mT units)	Numeric 4-Character
Measurement Method	True RMS
Typical Battery Life Alkaline:	Up to 150 Days Lithium: Up to 330 Days
LINDA Wheel or Amp-Logger Use	No
Dimensions	4.7" x 2.4" x 1.0" (12 x 6 x 2.5 cm)
Weight	6 ounces (170 grams)

Tabel 18: Specificaties EME SPY 120

Main Characteristics		
Frequency range		TV, TV3, TETRA, TV4&5, GSM Rx en Tx, DCS Rx en Tx, DECT, UMTS Rx en TX, WIFI
Axial Isotropy	FM	± 0.3 dB
	TV3	± 2.5 dB
	TETRA	± 1.2 dB
	TV4&5	± 1.1 dB
	GSM	± 0.85 dB
	DCS	± 2 dB
	DECT	± 1.3 dB
	UMTS	± 1.8 dB
	WIFI	± 3.2 dB
Lower Detection limit		0.05 V/m
Upper detection limit		5 V/m

Tabel 19: Specificaties van HI-3603 VLF-meter

Specifications

Frequency Range	2 – 300 kHz	Electric
	8 – 300 kHz	Magnetic
Frequency Response	± 2.0 dB	
Dynamic Range	1 – 2000 mA/m (Magnetic Fields)	
	1 – 2000 V/m (Electric Fields)	
Detection	Single Axis	
Response	True RMS	
Logging	On-Board, 127 Readings (max)	
Remote Control	Via HI-3616 (remote output connects to data logger or chart recorder)	
	Via HI-4413 RS232 Fiber Optic Modem for PC or Laptop	
Environmental	10°C – 40°C	
	5% - 95% Humidity, Non-Condensing	

Tabel 20: Specificaties van Fieldcop dienstenspectrometer

Fieldcop	
Frequency coverange	10 MHz – 3 GHz
Type	Isotropic 3 axes
Dynamics	
Dynamic range	60 dB
Sensitivity	< 0.05 V/m (55 MHz – 3 GHz)
Maximum load	150 V/m
Selectivity	
Band programming	Central frequency: by 500 kHz steps Bandwidth: 6 proposed bandwidths (standard values: 6.2, 30, 50, 200, 270, 500 MHz)
Inter-band isolation	> 20 dB
Sampling	
Sampling frame	66 samples in each band in 23 ms programmable between 1s and 2 hours
Power	
Power supply	12 V battery inside 230 – 12 V charger provided + solar panel for fix station
Autonomy	10 measurement campains fully autonomous with solar panel

10.2 Elektronische enquête i.v.m. EMV-bronnen

Meetcampagne voor het bepalen van de elektromagnetische velden waaraan kinderen binnenshuis blootgesteld worden

Om na te gaan of er een verband bestaat tussen de sterkte van de geregistreerde elektromagnetische velden en eventuele blootstellingsbronnen, zouden wij het op prijs stellen dat u de onderstaande enquête invult. Het invullen ervan duurt 5 à 10 minuten, daarna wordt ze ons automatisch teruggestuurd. De gegevens worden strikt vertrouwelijk gehouden. Hartelijk dank voor uw bereidwillige medewerking.



1. Personalia

Naam personeelslid:	
Voornaam:	
Adres:	
Gemeente:	
Postcode:	
Provincie:	Antwerpen
Tel. werk:	
Tel. privé:	
Email:	
Voornaam te bemonsteren kind:	
Geboortedatum kind:	- -
Kenmerken te bemonsteren woning:	open bebouwing
Ligging:	binnen bebouwde kom

2. Blootstellingsbronnen

Bezit u de volgende elektrische apparaten?

Koelkast	Ja
Microgolfoven	Ja
Wasmachine	Ja
Droogkast	Ja
Vaatwasmachine	Ja

Elektrisch fornuis	Ja
TV	Ja
Strijkijzer	Ja
Elektrische radiator	Ja
Elektrische vloerverwarming	Ja
<i>Slaapt uw kind soms onder een elektrisch deken?</i>	Ja
<i>Heeft uw kind een wekkerradio op de kamer?</i>	Ja
<i>Heeft uw kind een nachtlampje op de kamer?</i>	Ja
<i>Heeft uw kind een (spel)computer op de kamer?</i>	Ja
<i>Heeft uw kind een TV op de kamer?</i>	Ja
<i>Heeft uw kind een hi-fi keten op de kamer?</i>	Ja
<i>Hoe is uw woning aangesloten op het laagspanningsnet?:</i>	ondergronds
<i>Uit welk materiaal bestaan de buizen voor de waterafvoer in uw woning?:</i>	Metaal

Is er in de onmiddellijke omgeving van uw woning een:

Hoogspanningslijn?	Ja
Laagspanningscabine?	Ja
Transformatorpost?	Ja
GSM mast?	Ja
Radio- en TV mast?	Ja
UMTS mast?	Ja
externe Wifi-spot voor i-city?	Ja
WIMAX mast?	Ja

Andere draadloze bronnen? indien ja welke	
---	----------------------

Zijn er binnen de woning volgende bronnen aanwezig?:

Aantal vaste computers?	
Draadloze computers?	
Draadloze muizen?	
Wifi access point?	Ja
DECT in woonkamer?	Ja

Andere draadloze bronnen? indien ja welke

Indien ja, welke?

Gebruikt uw kind de microgolfoven? Ja ☐

Versturen!

10.3 Kenmerken van niet-ioniserende straling (NIS)

NIS wordt gekenmerkt door de golflengte (λ), de frequentie (f) en de fotonenergie (eV of J) die verschillend zijn voor de velden die in dit rapport behandeld werden namelijk de ELF-, VLF- en RF-velden. Terwijl de golflengte afneemt met toenemende frequentie is de fotonenergie proportioneel met de frequentie. Verwarrend is dat de indeling van het NIS-spectrum op twee conventies gebaseerd is: de ene conventie beschouwt de microgolven als een subset van het RF-spectrum en de andere als twee onafhankelijk golfsoorten.

Tabel B13 geeft een algemeen overzicht van de belangrijkste eigenschappen van NIS en tabel B14 geeft de fundamentele kenmerken per frequentiegebied.

Tabel B 13: Belangrijkste algemene eigenschappen van elektromagnetische velden

Golflengtes (λ)	100 nm tot 300 000 km
Frequenties (f)	3,0 PHz tot 1 Hz
Fotonenergie (Joule)	$1,987 \cdot 10^{-18}$ J – $6,6 \cdot 10^{-34}$ J

Tabel B 14: Fundamentele kenmerken per frequentiegebied.

Gebied	Golflengte	Frequentie	Fotonenergie
Microgolven	1 mm – 1 m	300 GHz – 300 MHz	1,2 – 0,0012 meV
Radiogolven	1 m – 100 km	300 MHz – 3 kHz	1200 – 0,12 neV
ELF-velden	1000 – 10 000 km	300 – 30 kHz	1,2 – 0,12 peV

meV: milli-elektronvolt, neV: nano-eV (1 n = 10^{-6} mm), peV: pico-eV (1 p = 10^{-9} eV)

Uitgaande van deze kenmerken heeft men aan de microgolven, radiogolven en ELF-velden verschillende frequentiebanden (tabel B15) toegekend die vaak betrekking hebben op de toepassingsgebieden (tabel B16).

Tabel B 15: Nomenclatuur per frequentie en frequentieband

Frequentie	Frequentieband	Afkorting
0 Hz	Statische velden	
0 – 30 Hz	Sub-extremely low frequency	SELF
30 – 300 Hz	Extremely low frequency (extreem lage frequentie)	ELF
300 – 3000 Hz	Voice frequency (stemsfrequentie)	VF
3 – 30 kHz	Very low frequency (heel lage frequentie)	VLF
30 – 300 kHz	Low frequency (lage frequentie)	LF
300 – 3000 kHz	Medium frequency (middenfrequentie)	MF
3 – 30 MHz	High frequency (hoge frequentie)	HF
30 – 300 MHz	Very high frequency (heel hoge frequentie)	VHF
300 – 3000 MHz	Ultra high frequency (ultra hoge frequentie)	UHF
3 – 30 GHz	Super high frequency (super hoge frequentie)	SHF
30 – 300 GHz	Extremely high frequency	EHF

In tabel B16 worden de belangrijkste toepassingsgebieden aan deze frequentiebanden gekoppeld.

Tabel B 16: Samenvatting van frequentiebanden en toepassingsgebieden

Frequentie	Golflengte	Frequentieband	Toepassing
0 Hz	∞	Statische velden	- Statische oplading en ontlading - DC* vermogengeneratoren - NMR (nucleaire magnetische resonantie) - MRI (magnetic resonance imaging of beeldvorming door magnetische resonantie) - Elektrolyseprocessen
1 Hz	300 000 km	Extremely low frequency fields (ELF)	Systemen voor productie en transport van elektriciteit
300 Hz	1000 km		- Elektrische treinen - Lasuitrusting - Inductieovens - Elektrische industriële, medische, wetenschappelijke en huishoudelijke machines en apparaten
3 kHz	100 km		- Inductieverwarmers
30 kHz	10 km		- Anti-diefstalsystemen
100 kHz	3 km		- AM-radio
3 MHz	100 m	Radiofrequenties (RF) en microgolven	- Inductieverwarmers - Anti-diefstalsystemen
30 MHz	10 m		- RF-verhitters
300 MHz	1 m		- FM-radio - Televisie
3 GHz	10 cm		- Mobiele telefoons en basis-station - Huishoudelijke en industriële microgolfovens - UMTS - Wireless LAN (wi-fi)
30 GHz	1 cm		- Radar
300 GHz	1 mm		- Radar

* DC = direct current

Bij industriële en radartoepassingen worden de frequentiebanden nog onderverdeeld in letterbanden (tabel B17). Ofschoon deze indeling (Wilkening, 1991) vaak toegepast wordt is ze niet universeel aanvaard.

Tabel B 17: Nomenclatuur van de letterbanden in het microgolfgebied

Letterband	Frequentiegebied (GHz)
L	1 100 – 1 700
LS	1 700 – 2 600
S	2 600 – 3 950
C	3 950 – 5 850
XN	5 850 – 8 200
X	8 200 – 12 400
Ku	12 400 – 18 000
K	18 000 – 26 500
Ka	26 500 – 40 000

Naast deze letterbanden worden ook specifieke frequenties toegekend voor industriële (industrial), wetenschappelijke (scientific) en medische (medical) [ISM] toepassingen. In tabel B18 worden de ISM-banden van de ‘Federal Communication Commission (FCC – US) samengevat die aangevuld werden met enkele Europese frequenties. De ISM-frequenties zijn voorbehouden voor andere gebruiken dan communicatie.

Tabel B 18: ISM-frequenties

13,56 MHz ± 6,78 kHz
27,12 MHz ± 160 kHz
40,68 MHz ± 20 kHz
433 MHz (hyperthermie Europa)
896 MHz ± 10 MHz (UK)
915 MHz ± 25 MHz
2 450 MHz ± 50 MHz
5 800 MHz ± 75 MHz
24 125 MHz ± 125 MHz

Op enkele uitzonderingen na (b.v. het maximaal uitgezonden vermogen van de 2450 Hz huishoudelijke microgolfoven is vastgelegd op 10 mW) mag bij de ISM-frequenties onbeperkt uitgezonden worden. Bijgevolg kunnen in de onmiddellijke omgeving van dergelijke bronnen sterke RF-velden waargenomen worden.

Door gebruik te maken van deze frequenties kunnen ontelbare apparaten en toestellen, die in onze samenleving aanwezig zijn, zwakke tot sterke RF/microgolven uitzenden.

Enkele belangrijke voorbeelden hiervan zijn automatische deuropeners voor winkels (10 mW), alarm- en inbraakbeveiligingen (10 – 100 mW), radars voor verkeerscontrole (10 - 100 mW), straalverbindingen (10 tot 10 kW), WLAN, enz.

Tot slot van dit hoofdstuk geeft tabel B19 een overzicht van de meest relevante grootheden en eenheden van de elektromagnetische velden.

Tabel B 19: Kenmerken, symbolen, grootheden en eenheden van elektromagnetische velden

Kenmerk	Symbol	Grootheid	Eenheid
Frequentie	f	Hertz	Hz
Golflengte	λ	Meter	m
Elektrisch veld	E	Volt per meter	V/m of Vm^{-1}
Magnetisch veld	H	Ampère per meter	A/m of Am^{-1}
Magnetische fluxdichtheid	B	Tesla	T
Vermogendichtheid	S	Watt per vierkante meter	W/m^2 of Wm^{-2}
Stroomdichtheid	J	Ampère per vierkante meter	A/m^2 of Am^{-2}
Specifiek absorptietempo (Specific absorption rate)	SAT (SAR)	Watt per kilogram	W/kg
Geleidbaarheid	σ	Siemens per meter	S/m
Elektrische weerstand	R	Ohm	Ω
Permeabiliteit	μ	Henry per meter	H/m of Hm^{-1}
Permeabiliteit in luchtledige	μ_0	$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$	
Permittiviteit	ϵ	Farad per meter	F/m of Fm^{-1}
Permittiviteit in luchtledige	ϵ_0	$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$	
Lichtsnelheid in luchtledige	c	$c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	

10.4 Afkortingen en woordverklaringen

10.4.1 Afkortingen

A/m: Ampère per meter, eenheid van stroom

AC: alternating current

A.S.T.R.I.D.: All-round Semi-cellular Trunking Radio Communication System with Integrated Dispatching

BN: Belgische norm

CENELEC: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

DCS: Digital Cordless System / Digital Cellular System

DECT: Digital European Cordless Telecommunication/Digital Enhanced Cordless Telecommunication

DC: direct current

E in V/m: elektrisch veld in volt per meter

EAS: electronic article surveillance

ELF: extreme low frequency (extreme lage frequentie)

EM: elektromagnetisch

EMC: elektromagnetische compatibiliteit

EMV: elektromagnetisch veld

eV: elektronvolt

ETSI: Europees Telecommunicatie & Standaardisatie Instituut

FM: frequency modulation

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System for Mobile Communications

GHz: gigahertz

Hz: Hertz

IARC: International Agency for Research on Cancer

ICNIRP: International Commission on Non-Ionising Radiation Protection
 ICT: informatie en communicatietechnologie
 IEC: International Electrotechnical Committee
 IF: intermediaire frequentie
 IRPA: International Radiation Protection Association
 KB: Koninklijk Besluit
 kHz: kilohertz
 kV/m: kilovolt per meter
 LNE: Departement Leefmilieu, Natuur en Energie
 LINDA: Linear Data Acquisition
 MHz: megahertz
 μ T: microtesla
 NIS-straling: niet-ioniserende straling
 PHz: petahertz
 RF: radiofrequentie
 RFID: radiofrequency identification
 RMS: root mean square of effectieve waarde
 RTTE-richtlijn: richtlijn betreffende radioapparatuur en telecommunicatie eindapparatuur
 S in W/m²: vermogendichtheid in watt per vierkante meter
 SAR: Specific Absorption Rate
 SAT: Specifiek Absorptie Tempo
 SWEDAC: Swedish Board for Technical Assistance
 TETRA: Terrestrial Trunked Radio
 TOC: Tjänstemännens Central Organisation
 UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
 UV: ultraviolet
 UV-C: ultraviolet licht C
 VLF: very low frequency (zeer lage frequentie)
 VITO: Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek
 WIFI: Wireless Fidelity
 WI-MAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
 WLAN: Wireless Local Network

10.4.2 Woordverklaringen

Basisrestricties: restricties op de blootstelling aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen
 Blootstelling: mate waarin de mens of het ecosysteem in contact komt met verontreiniging
 CENELEC: Europese normalisatieinstelling om binnen het kader van communautaire wetgeving normen te ontwikkelen voor het ontwerpen en testen van uitrusting waarmee de inachtneming van de basisrestricties van deze aanbeveling kan worden beoordeeld
 Demagnetisatie: verbreken van de magnetische eigenschappen van een materiaal
 Downlink: communicatiestroom van de antenne naar de mobilofoon. Dit in tegenstelling tot de 'uplink' die de communicatiestroom in de omgekeerde richting is. De frequentiebanden van de down- en de uplink zijn verschillend.

Elektrisch veld: elektrisch veld op een bepaald punt veroorzaakt een kracht op een lading die zich in dat punt bevindt. Deze kracht is evenredig met de grootte van het elektrisch veld en de grootte van de lading.

Elektrische contactstroom: totale elektrische stroom die door een lichaamsdeel vloeit bij contact meteen elektrisch geleidend voorwerp. Eenheid: A (ampère)

Elektrische stroomdichtheid: elektrische stroom die door een oppervlakte-eenheid vloeit en bijvoorbeeld geïnduceerd wordt in biologische weefsels bij een invallend elektromagnetisch veld. Eenheid: A/m²

Elektromagnetisch frequentiespectrum: rangschikking van elektromagnetische velden/straling die zowel het gebied van de ioniserende als het gebied van de niet-ioniserende straling.

Elektromagnetische golf: bestaat uit een elektrische (E) en een magnetische component (H) die beiden een grootte (sterkte) en een richting hebben.

Electronvolt (symbool eV) is de eenheid van energie. Het is de hoeveelheid energie-equivalent dat gewonnen wordt door een enkelvoudig ongebonden elektron te versnellen doorheen een elektrostatisch potentiaalverschil van 1 volt in vacuüm of m.a.w. de eV is gelijk aan 1 volt (1 volt = 1 joule per coulomb) vermenigvuldigd met de lading van een enkelvoudig elektron. De eV is een heel kleine hoeveelheid energie:
 $1 \text{ eV} = 1,60217653 \times 10^{-19}$ (of ongeveer 0.160 aJ 1 a of atto = 10^{-18})

Emissie: uitstoot of lozing van stoffen, golven of andere verschijnselen door bronnen, meestal uitgedrukt als een hoeveelheid per tijdseenheid.

Epidemiologie: wetenschap die de verdeling van ziekte en ziektedeterminanten binnen een populatie in tijd en ruimte bestudeert.

Frequentie: het aantal golfcycli die in één seconde een bepaald punt doorkruisen in de richting van hun voortplanting. De eenheid van frequentie is de Hertz (Hz) of één cyclus per seconde.

Fotonenergie: energie die schuilt in een onzichtbaar energiepakketje van een golf en die al dan niet groot genoeg is om materie te ioniseren.

Harmonische: een veelvoud van de fundamentele frequentie of een grondtoon die ook wel de eerste harmonische genoemd wordt. De tweede harmonische is de eerste boventoon of het dubbele van de fundamentele frequentie.

Incidentie: aantal nieuwe gevallen van een ziekte in verhouding tot een populatie binnen een bepaalde tijd, of de frequentie waarmee een bepaalde ziekte zich voordoet in een populatie gedurende een bepaalde tijd.

Inductie: natuurkundig verschijnsel waarbij in een geleider elektrische spanning wordt opgewekt wanneer de geleider zich bevindt in een veranderend magnetisch veld of wanneer een geleider beweegt in een magnetisch veld

Interferentiedrempel: drempel waarboven interferentie kan optreden

Lekstraling: straling die via een spleet van een gesloten systeem zoals bijvoorbeeld een huishoudelijke microgolf naar buiten komt

Magnetisch veld: Het magnetisch veld op een bepaald punt veroorzaakt een kracht op een lading in beweging (stroom) op dat punt. Deze kracht is evenredig met de grootte van het magnetisch veld, de grootte en snelheid van de bewegende lading.

Magnetische fluxdichtheid: grootheid gerelateerd met het magnetisch veld volgens
 $B = \mu_0 H$, met $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7} \text{ H/m}$ zijn de magnetische permeabiliteit van de vrije ruimte. Eenheid: tesla (T).

Niet-ioniserende straling: straling waarvan de energie te zwak is om ionisatie te veroorzaken. Dit zijn alle golven met een frequentie kleiner dan 3 PHz of een energie kleiner dan 12,4 eV.

Radiale afstand: is de dwarse afstand van aan de bron tot het meetpunt

Relatief risico (RR): incidentie van de ziekte in de blootgestelde groep gedeeld door de incidentie van de ziekte in de niet-blootgestelde groep.

Rms-waarde: berekende gemiddelde of effectieve waarde van een periodiek wisselende functie. De rms-waarde wordt berekend door het kwadraat van de functie gedeeld door de periode te integreren over een periode en dit resultaat tot de macht 0,5 te verheffen (wortel trekken).

Specifiek absorptie tempo (SAT): hoeveelheid elektromagnetische energie die per seconde en per eenheid massa wordt geabsorbeerd en (doorgaans volledig) omgezet wordt in warmte.

Stralingsfluxdichtheid: hoeveelheid elektromagnetische energie die per tijdseenheid passeert door een oppervlakte-eenheid.

10.5 Fact sheets of the world health organization: Electromagnetic fields and public health

Om een inzicht te verschaffen in het verband tussen de elektromagnetische velden en de volksgezondheid worden in deze bijlage de “fact sheets” gegeven die onlangs door de wereldgezondheidsorganisatie gepubliceerd werden.

10.5.1 Exposure to extremely low frequency fields (Fact Sheet N° 322, June 2007)

The use of electricity has become an integral part of everyday life. Whenever electricity flows, both electric and magnetic fields exist close to the lines that carry electricity, and close to appliances. Since the late 1970s, questions have been raised whether exposure to these extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields (EMF) produces adverse health consequences. Since then, much research has been done, successfully resolving important issues and narrowing the focus of future research.

In 1996, the World Health Organization (WHO) established the International Electromagnetic Fields Project to investigate potential health risks associated with technologies emitting EMF. A WHO Task Group recently concluded a review of the health implications of ELF fields (WHO, 2007).

This Fact Sheet is based on the findings of that Task Group and updates recent reviews on the health effects of ELF EMF published in 2002 by the International Agency for Research on Cancer (IARC), established under the auspices of WHO, and by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) in 2003.

• ELF field sources and residential exposures

Electric and magnetic fields exist wherever electric current flows - in power lines and cables, residential wiring and electrical appliances. **Electric** fields arise from electric charges, are measured in volts per metre (V/m) and are shielded by common materials, such as wood and metal. **Magnetic** fields arise from the motion of electric charges (i.e. a current), are expressed in tesla (T), or more commonly in millitesla (mT) or microtesla (μ T). In some countries another unit called the gauss, (G), is commonly used (10,000 G = 1 T). These fields are not shielded by most common materials, and pass easily through them. Both types of fields are strongest close to the source and diminish with distance.

Most electric power operates at a frequency of 50 or 60 cycles per second, or hertz (Hz). Close to certain appliances, the magnetic field values can be of the order of a few hundred microtesla. Underneath power lines, magnetic fields can be about 20 μT and electric fields can be several thousand volts per metre. However, average residential power-frequency magnetic fields in homes are much lower - about 0.07 μT in Europe and 0.11 μT in North America. Mean values of the electric field in the home are up to several tens of volts per metre.

- **Task group evaluation**

In October 2005, WHO convened a Task Group of scientific experts to assess any risks to health that might exist from exposure to ELF electric and magnetic fields in the frequency range >0 to 100,000 Hz (100 kHz). While IARC examined the evidence regarding cancer in 2002, this Task Group reviewed evidence for a number of health effects, and updated the evidence regarding cancer. The conclusions and recommendations of the Task Group are presented in a WHO Environmental Health Criteria (EHC) monograph (WHO, 2007).

Following a standard health risk assessment process, the Task Group concluded that there are no substantive health issues related to ELF electric fields at levels generally encountered by members of the public. Thus the remainder of this fact sheet addresses predominantly the effects of exposure to ELF magnetic fields.

- **Short-term effects**

There are established biological effects from acute exposure at high levels (well above 100 μT) that are explained by recognized biophysical mechanisms. External ELF magnetic fields induce electric fields and currents in the body which, at very high field strengths, cause nerve and muscle stimulation and changes in nerve cell excitability in the central nervous system.

- **Potential long-term effects**

Much of the scientific research examining long-term risks from ELF magnetic field exposure has focused on childhood leukaemia. In 2002, IARC published a monograph classifying ELF magnetic fields as "possibly carcinogenic to humans". This classification is used to denote an agent for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence for carcinogenicity in experimental animals (other examples include coffee and welding fumes). This classification was based on pooled analyses of epidemiological studies demonstrating a consistent pattern of a two-fold increase in childhood leukaemia associated with average exposure to residential power-frequency magnetic field above 0.3 to 0.4 μT . The Task Group concluded that additional studies since then do not alter the status of this classification.

However, the epidemiological evidence is weakened by methodological problems, such as potential selection bias. In addition, there are no accepted biophysical mechanisms that would suggest that low-level exposures are involved in cancer development. Thus, if there were any effects from exposures to these low-level fields, it would have to be through a biological mechanism that is as yet unknown. Additionally, animal studies have been largely negative. Thus, on balance, the evidence related to childhood leukaemia is not strong enough to be considered causal.

Childhood leukaemia is a comparatively rare disease with a total annual number of new cases estimated to be 49,000 worldwide in 2000. Average magnetic field exposures above 0.3 μT in homes are rare: it is estimated that only between 1% and 4% of children live in such

conditions. If the association between magnetic fields and childhood leukaemia is causal, the number of cases worldwide that might be attributable to magnetic field exposure is estimated to range from 100 to 2400 cases per year, based on values for the year 2000, representing 0.2 to 4.95% of the total incidence for that year. Thus, if ELF magnetic fields actually do increase the risk of the disease, when considered in a global context, the impact on public health of ELF EMF exposure would be limited.

A number of other adverse health effects have been studied for possible association with ELF magnetic field exposure. These include other childhood cancers, cancers in adults, depression, suicide, cardiovascular disorders, reproductive dysfunction, developmental disorders, immunological modifications, neurobehavioural effects and neurodegenerative disease. The WHO Task Group concluded that scientific evidence supporting an association between ELF magnetic field exposure and all of these health effects is much weaker than for childhood leukaemia. In some instances (i.e. for cardiovascular disease or breast cancer) the evidence suggests that these fields do not cause them.

- **International exposure guidelines**

Health effects related to short-term, high-level exposure have been established and form the basis of two international exposure limit guidelines (ICNIRP, 1998; IEEE, 2002). At present, these bodies consider the scientific evidence related to possible health effects from long-term, low-level exposure to ELF fields insufficient to justify lowering these quantitative exposure limits.

- **WHO's guidance**

For high-level short-term exposures to EMF, adverse health effects have been scientifically established (ICNIRP, 2003). International exposure guidelines designed to protect workers and the public from these effects should be adopted by policy makers. EMF protection programs should include exposure measurements from sources where exposures might be expected to exceed limit values.

Regarding long-term effects, given the weakness of the evidence for a link between exposure to ELF magnetic fields and childhood leukaemia, the benefits of exposure reduction on health are unclear. In view of this situation, the following recommendations are given:

- Government and industry should monitor science and promote research programmes to further reduce the uncertainty of the scientific evidence on the health effects of ELF field exposure. Through the ELF risk assessment process, gaps in knowledge have been identified and these form the basis of a new research agenda.
- Member States are encouraged to establish effective and open communication programmes with all stakeholders to enable informed decision-making. These may include improving coordination and consultation among industry, local government, and citizens in the planning process for ELF EMF-emitting facilities.
- When constructing new facilities and designing new equipment, including appliances, low-cost ways of reducing exposures may be explored. Appropriate exposure reduction measures will vary from one country to another. However, policies based on the adoption of arbitrary low exposure limits are not warranted.

- **Further reading**

WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz). Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74(4), 494-522.

IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002).

10.5.2 Base stations and wireless technologies (Fact Sheet N° 304, May 2006)

Mobile telephony is now commonplace around the world. This wireless technology relies upon an extensive network of fixed antennas, or base stations, relaying information with radiofrequency (RF) signals. Over 1.4 million base stations exist worldwide and the number is increasing significantly with the introduction of third generation technology.

Other wireless networks that allow high-speed internet access and services, such as wireless local area networks (WLANs), are also increasingly common in homes, offices, and many public areas (airports, schools, residential and urban areas). As the number of base stations and local wireless networks increases, so does the RF exposure of the population. Recent surveys have shown that the RF exposures from base stations range from 0.002% to 2% of the levels of international exposure guidelines, depending on a variety of factors such as the proximity to the antenna and the surrounding environment. This is lower or comparable to RF exposures from radio or television broadcast transmitters.

There has been concern about possible health consequences from exposure to the RF fields produced by wireless technologies. This fact sheet reviews the scientific evidence on the health effects from continuous low-level human exposure to base stations and other local wireless networks.

HEALTH CONCERNS

A common concern about base station and local wireless network antennas relates to the possible long-term health effects that whole-body exposure to the RF signals may have. To date, the only health effect from RF fields identified in scientific reviews has been related to an increase in body temperature ($> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) from exposure at very high field intensity found only in certain industrial facilities, such as RF heaters. The levels of RF exposure from base

stations and wireless networks are so low that the temperature increases are insignificant and do not affect human health.

The strength of RF fields is greatest at its source, and diminishes quickly with distance. Access near base station antennas is restricted where RF signals may exceed international exposure limits. Recent surveys have indicated that RF exposures from base stations and wireless technologies in publicly accessible areas (including schools and hospitals) are normally thousands of times below international standards.

In fact, due to their lower frequency, at similar RF exposure levels, the body absorbs up to five times more of the signal from FM radio and television than from base stations. This is because the frequencies used in FM radio (around 100 MHz) and in TV broadcasting (around 300 to 400 MHz) are lower than those employed in mobile telephony (900 MHz and 1800 MHz) and because a person's height makes the body an efficient receiving antenna. Further, radio and television broadcast stations have been in operation for the past 50 or more years without any adverse health consequence being established.

While most radio technologies have used analog signals, modern wireless telecommunications are using digital transmissions. Detailed reviews conducted so far have not revealed any hazard specific to different RF modulations.

Cancer: Media or anecdotal reports of cancer clusters around mobile phone base stations have heightened public concern. It should be noted that geographically, cancers are unevenly distributed among any population. Given the widespread presence of base stations in the environment, it is expected that possible cancer clusters will occur near base stations merely by chance. Moreover, the reported cancers in these clusters are often a collection of different types of cancer with no common characteristics and hence unlikely to have a common cause.

Scientific evidence on the distribution of cancer in the population can be obtained through carefully planned and executed epidemiological studies. Over the past 15 years, studies examining a potential relationship between RF transmitters and cancer have been published. These studies have not provided evidence that RF exposure from the transmitters increases the risk of cancer. Likewise, long-term animal studies have not established an increased risk of cancer from exposure to RF fields, even at levels that are much higher than produced by base stations and wireless networks.

Other effects: Few studies have investigated general health effects in individuals exposed to RF fields from base stations. This is because of the difficulty in distinguishing possible health effects from the very low signals emitted by base stations from other higher strength RF signals in the environment. Most studies have focused on the RF exposures of mobile phone users. Human and animal studies examining brain wave patterns, cognition and behaviour after exposure to RF fields, such as those generated by mobile phones, have not identified adverse effects. RF exposures used in these studies were about 1000 times higher than those associated with general public exposure from base stations or wireless networks. No consistent evidence of altered sleep or cardiovascular function has been reported.

Some individuals have reported that they experience non-specific symptoms upon exposure to RF fields emitted from base stations and other EMF devices. As recognized in a recent WHO fact sheet "Electromagnetic Hypersensitivity", EMF has not been shown to cause such

symptoms. Nonetheless, it is important to recognize the plight of people suffering from these symptoms.

From all evidence accumulated so far, no adverse short- or long-term health effects have been shown to occur from the RF signals produced by base stations. Since wireless networks produce generally lower RF signals than base stations, no adverse health effects are expected from exposure to them.

PROTECTION STANDARDS

International exposure guidelines have been developed to provide protection against established effects from RF fields by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 1998) and the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE, 2005).

National authorities should adopt international standards to protect their citizens against adverse levels of RF fields. They should restrict access to areas where exposure limits may be exceeded.

PUBLIC PERCEPTION OF RISK

Some people perceive risks from RF exposure as likely and even possibly severe. Several reasons for public fear include media announcements of new and unconfirmed scientific studies, leading to a feeling of uncertainty and a perception that there may be unknown or undiscovered hazards. Other factors are aesthetic concerns and a feeling of a lack of control or input to the process of determining the location of new base stations. Experience shows that education programmes as well as effective communications and involvement of the public and other stakeholders at appropriate stages of the decision process before installing RF sources can enhance public confidence and acceptability.

CONCLUSIONS

Considering the very low exposure levels and research results collected to date, there is no convincing scientific evidence that the weak RF signals from base stations and wireless networks cause adverse health effects.

WHO INITIATIVES

WHO, through the International EMF Project, has established a programme to monitor the EMF scientific literature, to evaluate the health effects from exposure to EMF in the range from 0 to 300 GHz, to provide advice about possible EMF hazards and to identify suitable mitigation measures. Following extensive international reviews, the International EMF Project has promoted research to fill gaps in knowledge. In response national governments and research institutes have funded over \$250 million on EMF research over the past 10 years.

While no health effects are expected from exposure to RF fields from base stations and wireless networks, research is still being promoted by WHO to determine whether there are any health consequences from the higher RF exposures from mobile phones.

The International Agency for Research on Cancer (IARC), a WHO specialized agency, is expected to conduct a review of cancer risk from RF fields in 2006-2007 and the International EMF Project will then undertake an overall health risk assessment for RF fields in 2007-2008.

FURTHER READING

[ICNIRP \(1998\) www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf](http://www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf)

IEEE (2006) IEEE C95.1-2005 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz"

10.5.3 Effects of EMF on the Environment (Information Sheet, February 2005)

Levels of electromagnetic fields (EMF) from human-made sources have increased steadily over the past 50-100 years. Most EMF exposures come from increased use of electricity and new technologies. In the past decades, potential adverse effects from EMF exposure on human health have been an important topic of research. However, little has been published about the impact of EMF on the natural terrestrial and aquatic environment.

The World Health Organization (WHO) is addressing this issue through the International EMF Project. One of the Project's objectives is to provide advice to national authorities and others on EMF health and environmental effects and protective measures or actions if needed.

This information sheet summarizes the current scientific understanding on the effects of exposure to EMF fields on the living environment, across the electromagnetic spectrum in the frequency range 0-300 GHz. This range covers all frequencies that are emitted into the environment through use of EMF technology. Recommendations are also given for further research to fill gaps in knowledge needed to better assess EMF environmental impacts.

IS THERE REASON TO WORRY ABOUT ENVIRONMENTAL EFFECTS OF EMF?

Awareness of any environmental impacts of EMF is important to ensure the preservation of terrestrial and marine ecosystems, which form the basis for sustainable development. Protection of the environment and conservation of nature have become matters of great interest to the public, as well as to governments. Such interest is often expressed as concern over possible environmental impacts of large technology projects, such as dams, nuclear power plants, and radiofrequency transmitters. Several projects have been subject to public pressures on environmental grounds, with EMF being one but not necessarily the only issue. For example, a proposed high frequency (HF) radio transmitter for the Voice of America in Israel, which would have been the world's largest radio station, was blocked from construction on environmental grounds, in part related to concerns about potential effects of radio frequency fields on migrating birds.

Public concern about environmental exposure to EMF has ranged from claims of reduced milk production in cows grazing under power lines to damage to trees near high power radars. Such concerns might also affect the development of new technology: several plans have been proposed since the late 1960s for generating electric power in space by orbiting arrays of solar panels. Large amounts of electricity generated by such solar power satellites would be transmitted to sizeable antennas on the ground. In addition to overcoming technical difficulties, this and other new technologies would have to gain public acceptance.

SOURCES OF ENVIRONMENTAL EXPOSURE

Emissions from natural as well as artificial sources make up the EMF environment we live in. **Natural sources**, which include EMF radiation from the sun, the earth, the atmosphere including lightning discharges, account for only a small fraction of the overall EMF emissions in the 0-300 GHz frequency range. **Human-made sources** from major technologies have become an important component of the total EMF emissions into the environment. Relevant sources in the environment include:

- **FM Radio and TV Transmitters:** The strongest radio-frequency fields in most urban areas are associated with radio and TV broadcast services (for more information, see Fact Sheet 183). In urban areas, contributions from mobile phone base stations may reach similar amplitudes.
- **Radar:** Radar systems are used for a variety of tasks, ranging from navigation to aircraft and missile surveillance systems (for more information, see Fact Sheet 226). Wide-spread penetrations are expected from vehicle anti collision radar systems.
- **High Voltage Power Lines:** Power lines deliver electricity (usually at 50 or 60 Hz) and may span hundreds of kilometres (for more information related to their effects on human health, see the WHO Fact Sheets 205, 263).
- **Undersea Power Cables:** Undersea cables are used in Europe (especially in Scandinavia and Greece), Canada, Japan, New Zealand and the Philippines to transfer electric power across water. These sea cables usually conduct very large DC currents of up to a thousand amperes or more.

For most of these sources, substantial EMF only exist adjacent to the source, where they may exceed international guidelines for limiting exposure of people (ICNIRP, 1998). These areas are generally not accessible to the public but may be entered by fauna. Away from the EMF sources, the fields decrease rapidly to intensities below ICNIRP's exposure guidelines.

SUMMARY OF RELEVANT STUDIES

Animals

Most studies of EMF effects in animals have been conducted to investigate possible adverse health effects in humans. These are usually performed on standard laboratory animals used in toxicological studies, e.g. rats and mice, but some studies have also included other species such as like short-living flies for the investigation of genotoxic effects. The subject of this information sheet, however, is whether EMF can have harmful impacts on species of wild and domestic animals. Under consideration are:

- Species, in particular certain fish, reptiles, mammals and migratory birds, which rely on the natural (geomagnetic) static magnetic field as one of a number of parameters believed to be used for orientation and navigational cues
- Farm animals (e.g. swine, sheep or cattle) grazing under power lines (50/60 Hz) or in the vicinity of broadcasting antennas
- Flying fauna, such as birds and insects, which may pass through the main beam of high power radio-frequency antennas and radar beams or through high intensity ELF fields near power lines.

Studies performed to date have found little evidence of EMF effects on fauna at levels below ICNIRP's guideline levels. In particular, there were no adverse effects found on cattle grazing below power lines. However, it is known that flight performance of insects can be impaired in electric fields above 1kV/m, but significant effects have only been shown for bees when electrically conductive hives are placed directly under power lines. Un-insulated un-earthed conductors placed in an electric field can become charged and cause injury or disrupt the

activity of animals, birds and insects.

Vegetation

Field studies of 50-60 Hz exposure to **plants and crops** have shown no effects at the levels normally found in the environment, nor even at field levels directly under power lines up to 765 kV. However, the variability of parameters associated with environmental conditions that affect plant growth (e.g. soil, weather) would likely preclude observation of any possible low-level effects of electric field exposure. Damage to **trees** is well known to occur at electric field strengths far above ICNIRP's levels due to corona discharge at the tips of the leaves. Such field levels are found only close to the conductors of very high voltage power lines.

Aquatic Life

Although all organisms are exposed to the geomagnetic field, marine animals are also exposed to natural electric fields caused by sea currents moving through the geomagnetic field. Electrosensitive fish, such as sharks and rays in oceans and catfish in fresh water, can orient themselves in response to very low electric fields by means of electroreceptive organs. Some investigators have suggested that human-made EMF from undersea power cables could interfere with the prey sensing or navigational abilities of these animals in the immediate vicinity of the sea cables. However, none of the studies performed to date to assess the impact of undersea cables on migratory fish (e.g. salmon and eels) and all the relatively immobile fauna inhabiting the sea floor (e.g. molluscs), have found any substantial behavioural or biological impact.

CONCLUSION

The limited number of published studies addressing the risk of EMF to terrestrial and aquatic ecosystems show little or no evidence of a significant environmental impact, except for some effects near very strong sources. From current information the exposure limits in the ICNIRP guidelines for protection of human health are also protective of the environment.

WHAT SHOULD BE DONE?

Environmental studies are needed since any adverse influence of EMF on plants, animals such as birds, and other living organisms, while important in their own right, could also ultimately impact on human life and health. However, much of the existing work in this area has been scattered in approach and uneven in quality. A co-ordinated research agenda that addresses the scientific issues raised by increasing environmental EMF levels does not exist. In view of the facts discussed above, there is no urgent need to give research priority to this field over other health topics. However, while there is a small but active research effort in this area, it would be informative to:

- design bio-effects research with **wildlife species** in mind and aimed at identifying their possible responses to new human-made sources of EMF energy. Appropriate choice of species for study is very important (e.g. birds since they can enter areas of high field strength),
- develop **environmental guidelines** for EMF exposure at different frequencies, drawing on information from well-performed studies. Such guidelines might resemble those developed for human health, but with appropriately adapted thresholds to ensure

that EMF levels are below those producing adverse consequences in the environment.

WHERE CAN I FIND MORE INFORMATION?

The following references provide a more in-depth treatment of this subject:

- Matthes R., Bernhardt J., Repacholi M., editors: *Proceedings of the International Seminar on Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment*, Ismaning, Germany, ICNIRP, 2000 (ICNIRP 10/2000).
- Foster K. and Repacholi M. *Environmental Impacts of Electromagnetic Fields From Major Electrical Technologies*. EMF Project report: http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/en/env_impact_emf_from_major_elect_tech_foster_repacholi.pdf
- Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: *Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation*, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99). <http://www.icnirp.org>
- All WHO Fact Sheets are available at http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/fact_english.htm

10.5.4 Intermediate Frequencies (IF) (Information Sheet, February 2005)

Exposure to human-made electromagnetic fields (EMF) has increased over the past century. The widespread use of EMF sources has been accompanied by public debate about possible adverse effects on human health. As part of its charter to protect public health and in response to these concerns, the World Health Organization (WHO) established the International EMF Project to assess the scientific evidence of possible health effects of EMF in the frequency range from 0 to 300 GHz. The EMF Project encourages focused research to fill important gaps in knowledge and to facilitate the development of internationally acceptable standards limiting EMF exposure.

Public concerns have ranged from possible effects of exposure to extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields (e.g. electricity supply including power lines) having frequencies between 0 and 300 Hz to possible effects of exposure to radiofrequency (RF) fields (e.g. microwave ovens and broadcast and other radio-transmission devices including mobile phones) having frequencies in the range 10 MHz - 300 GHz. A large body of scientific research in these two frequency ranges now exists. For the purpose of this document, the intermediate frequency (IF) region of the EMF spectrum is defined as being between the ELF and RF ranges; 300 Hz to 10 MHz. A relatively small number of studies has been conducted on the biological effects or health risks of IF fields. This is due, in part, to the fact that fewer types of devices produce fields in this frequency range. But because these devices now have a high consumer and industrial market penetration, it is important to evaluate their impact on human health. This information sheet addresses the known health effects of IF fields, and offers recommendations for further study.

SOURCES

Common sources of IF fields can be found in the following settings:

- **Industry:** Dielectric heater sealers, induction and plasma heaters, broadcast and communications transmitters,
- **General public:** Domestic induction cookers, proximity readers, electronic article surveillance systems and other anti-theft devices, computer monitors and television sets,
- **Hospitals:** MRI systems, electromagnetic nerve stimulators, electro-surgical units, and other devices for medical treatment,
- **Military:** Power units, submarine communication transmitters and high frequency (HF) transmitters.

Except for medical diagnostic and treatment devices, levels of human exposure from IF devices normally fall below limits recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). However, workers in a few categories (e.g. operators of dielectric heater sealers and induction heaters, some military personnel and technicians working near high powered broadcast equipment) may be exposed to considerably higher levels of IF fields.

HOW EMF AFFECTS THE HUMAN BODY

Several mechanisms, both thermal and non-thermal, by which electromagnetic (primarily, electric) fields can interact with biological systems are well established. The limiting hazard will arise from the adverse effect (thermal or non-thermal) that has the lowest threshold under given exposure conditions. While strong fields in the upper IF range may cause thermal damage (a relatively slow process that requires tissue to be maintained at high temperatures for a given period of time), some of the most obvious hazards from acute exposure to electric currents in the body may occur through membrane excitation. This non-thermal mechanism results from changes in membrane potential induced by external fields and occurs, for example, in the stimulation of peripheral nerves and muscle cells. Another mechanism is electroporation, which is the reversible or irreversible disruption of cell membranes when a field induces excessive electrical potentials across them. This can provoke tissue injury through electric shock, but is also being investigated for therapeutic purposes by using short electric field pulses to make human tissues more permeable to drugs.

External IF fields can induce these effects inside the human body but only at field strengths many times higher than typical environmental levels.

REPORTED BIOLOGICAL AND HEALTH EFFECTS

Health benefits from electric and magnetic fields have been claimed since the 18th century, and pulsed EMFs in the IF range have found a place in modern medical practice for the treatment of bone healing and nerve stimulation and regeneration. However, concern has been expressed about possible health hazards associated with technology, both at home and in the workplace. These concerns include worker complaints of disturbances (e.g. swelling, prickling of fingers, headaches) and public anxiety about possible adverse health effects of IF fields from computer monitors and televisions. Types of research conducted so far have included:

- **Human studies:** Until now, most epidemiological studies concerning IF exposure have focused on reproductive and ocular effects from the use of computer monitors. Several major reviews have concluded that these, with their extremely weak IF fields, do not constitute a threat to human health and that they do not interfere with reproductive processes or pregnancy outcomes. Also, no association between such exposure and eye abnormalities has been established. A large study on female radio and telegraph operators showed a slight increased risk of breast cancer. However, this group of workers is also exposed to many other factors that could explain this increased risk. The high degree of biological variability and the multitude of EMF parameters make it difficult to reach firm conclusions about the significance of any of these studies for human health. Some of the most important health hazards due to IF sources relate to indirect action of EMF. For example, EMF produced by electronic anti-theft systems may interfere with implanted electronic medical devices (e.g. pacemakers, neurological stimulators).
- **Laboratory studies:** Few reported cellular studies using IF fields have shown independently-confirmed biological effects. Studies on mice have shown no morbidity, change in behaviour or lymphoma development with exposure to low-strength

magnetic field signals in the kHz range. Although a few studies of effects on reproduction and development of mice, rats, and chick embryos and a few other studies suggest the possibility of minor skeletal anomalies; overall there is no clear evidence for increased malformations.

Compared to extremely low frequency fields (ELF, which includes AC power frequencies) and radio frequency fields (RF, which includes mobile phone communications), little research has been done of the effects of IF fields. The scientific evidence is not convincing that adverse health effects occur from exposure to IF fields normally found in the living and working environment. This conclusion is partly based on the studies conducted with IF fields but also on the fact that IF fields act on the body in a way similar to ELF and RF fields, depending on the frequency of the IF field.

INTERNATIONAL STANDARDS

ICNIRP is an independent scientific commission formally recognized by WHO that has published guidelines on exposure limits for all EMF in the 0 to 300 GHz frequency range. Exposure guidelines in the IF range have been established from rigorous review of the scientific literature on possible adverse health effects and by extrapolating limits from the ELF and RF ranges, based on coupling of external fields with the body and assumptions about the frequency dependence of biological effects.

WHAT SHOULD BE DONE?

The scientific evidence does not suggest any health risk from IF fields at exposures below the ICNIRP guideline levels. However, there is a need for more high quality research to address uncertainties in current knowledge. The following key areas have been identified for further research:

- **Epidemiological studies:** It is recommended that epidemiological studies be considered only if pilot studies demonstrate the feasibility of gathering high quality exposure data in appropriate highly exposed populations, thereby achieving adequate statistical power and identifying relevant health outcomes.
- **Exposure evaluation:** The degree and type of EMF exposure currently encountered in occupational and domestic settings need to be better characterized. Periodic checks must be made and documented in industrial and other occupational settings where IF fields are used, to ensure that the equipment is operating properly and that exposure guidelines are not exceeded.
- **Animal studies:** Future animal studies should attempt to use exposure conditions that are similar to human exposures from industrial and other sources, and also should explore higher exposure levels. If specific suspect pathways are identified, these studies could be supplemented by cell or tissue studies to clarify how IF fields affect organisms.
- **Biological interaction:** More comprehensive understanding of the biological interaction and hazard thresholds is required to refine exposure guidelines, particularly

for pulsed fields or fields with complex waveforms.

- **Dosimetry:** Computer modelling techniques exist that enable the calculation of fields induced inside the bodies of people exposed to IF fields. The most advanced of these techniques employ anatomically realistic computational phantoms. Such methods are particularly appropriate in risk assessment and testing compliance of measured IF fields with exposure limits in a consistent manner. It is important that, where appropriate, female and child phantoms are also considered for use in such assessments.

WHAT IS THE WORLD HEALTH ORGANIZATION DOING ABOUT THE ISSUE?

The WHO's International EMF Project has established a programme to review research results and conduct risk assessments of EMF exposure. It is developing public information materials, and bringing together standards groups world-wide in an attempt to harmonize approaches to the development of EMF exposure standards. Health risks from EMF exposure, including cancer, are being evaluated by WHO in collaboration with the International Agency for Research on Cancer (IARC) – the specialized cancer research agency of WHO – and by ICNIRP.

FURTHER READING

Bernhardt JH, McKinlay AF and Matthes R, editors: Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices. Report to the European Commission Concerted Action QLK4-1999-01214, ICNIRP, 2002 (ICNIRP 12/2002). Matthes R., van Rongen E., Repacholi M., editors: Proceedings of the International Seminar on Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields in the Frequency Range 300 Hz to 10 MHz, Maastricht, The Netherlands, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 8/99)

Litvak E, Foster K R and Repacholi M H (2002): Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. *Bioelectromagnetics* 23(1): 68-82

Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99) <http://www.icnirp.de>

10.5.5 ICNIRP STATEMENT ON EMF-EMITTING NEW TECHNOLOGIES

The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*

INTRODUCTION

RECENT DEVELOPMENTS in telecommunication and wireless technology have led to increasing numbers of new devices and systems that emit radio frequency (RF) electromagnetic (EM) energy. Implementing these developments has resulted in large numbers of individuals at the workplace or in the general public being exposed to RF-EMFs. The guidelines of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP 1998) provide advice for permissible exposure levels that cover the entire spectrum of non ionizing radiation (NIR), including the RFs used in new technologies. However, there are questions being posed about health effects associated with exposure to these new systems and devices, which have not been tested per se in terms of health risks. They may have signal characteristics that are unique and different from the currently used technologies, and they may also cause the total level of exposure to rise because of the superposition of electromagnetic fields (EMFs) emitted by new and existing sources. The aim of this Statement is to compile a list of the new technologies under development, soon-to-be or recently deployed, which could lead to increased levels of exposure to NIR at the workplace or in daily life, and to assess the need for further research to evaluate their NIR safety and health implications. However, the technologies that are included in this Statement are not limited to mobile or wireless communications; they encompass all EMF-emitting devices. Given the technological, regulatory and marketing challenges, the timing of the introduction or deployment of any of the products is somewhat uncertain. It should be noted that experience of the cellular mobile telephone industry indicates that once the new technology is deployed, the adoption rate could easily explode. While it takes advanced technology to develop a product, the availability of low-price, high-quality, and high-performance components from around the world would push the price of the new product down through large-scale production. See the Appendix for lists of technical and organizational acronyms.

MOBILE COMMUNICATION AND WIRELESS TECHNOLOGIES

While the present document focuses on new mobile communication and wireless technologies, the motivation comes from the rapid growth of the cellular mobile telephone industry and the pervasive use of wireless devices in all walks of life. We will therefore begin with a brief discussion on the evolution of cellular mobile communication technologies, although the distinction among various generations of mobile communications is blurring. Note that a description of the earlier generations is useful, especially for epidemiological studies of cell phone exposures.

Generations of Mobile Communications 1G systems

The first generation (1G) mobile telephones were analog systems—typically operating at 450 MHz using frequency modulation. The analog systems deployed in various parts of the world were slightly different: namely, Nordic Mobile Telephony (NMT) mainly in the North European countries, American Mobile Phone Service (AMPS) in the U.S., and the Nippon Telegraph and Telephone (NTT) system in Japan. The radiated powers of the 1G systems are typically 600 mW. At present, these services have either stopped or are running at a low level of traffic in most parts of the world. Apart from mobile handsets and base stations, analog systems are also used for cordless telephones. These 1G devices are important for the epidemiological studies of long-term exposures or any effect associated with long latency.

2G systems

The major breakthrough in mobile communications began with the second generation (2G) digital systems. These have become the dominant service with more than one billion users worldwide. However, the 2G systems differ around the world. In Europe and parts of Asia and the Americas the Global System for Mobile Communications (GSM) system is dominating. It features carrier frequencies at 900 and 1,800 MHz (1,900 MHz in U.S.). The bandwidth is around 250 kHz with a 9.6 kbit/s data rate. It uses a Time Division Multiple Access (TDMA) technique—each user is “on” for $4.615/8 \approx 0.58$ ms,

then comes back periodically at a frequency of 217 Hz. The remaining 7/8 of the time is used for other users. Thus, from the RF power point of view it uses bursts for transmission. Apart from the access frequency of 217 Hz and its harmonics, there are various control and system signals giving rise to power variations at the frequencies of 2 and 8 Hz. The information (voice or data) is carried by the RF signal in a continuous phase-only manner, so as long as the user is “on,” the power is constant. This is also called constant-envelope modulation. As will be seen later, most other evolving systems do not have this property of constant envelope. **IS-95.** The IS-95 is the North American version of the Code Division Multiple Access (CDMA) standard known as cdmaOne. The CDMA standard is significantly different from the GSM standard. The IS-95 is a so-called direct-sequence spread spectrum system where the users are “on” simultaneously, but separated by different codes, which are “spread” on the carrier to a wider bandwidth than dictated by the un-spread scheme. The speed of the spreading is known as the chip rate, which for IS-95 is 1.2288 Mchip/s in a bandwidth of 1.25 MHz. One immediate consequence is the lack of the pulsing characteristic common in TDMA systems. Further discussion of the CDMA technique is deferred to the 3G systems. **PDC.** The Personal Digital Cellular (PDC) system is a TDMA system operating in the 800 MHz and 1.5 GHz bands and is used primarily in Japan. The system also has packet transmission capability, named the Personal Digital Cellular-Packet (PDC-P) system, which was introduced in 1997. As the PDC-P is based on the PDC system, the radio characteristics are very similar, i.e., using 3-channel TDMA. With a single TDMA time slot, PDC-P can provide 9.6 kbit/s packet access and 28.8 kbit/s with three time slots. Moreover, i-mode service is available on PDC-P channels.

2.5G systems

The popularity of the Internet and personal computers created a need for higher data rates on wireless networks than available with 2G systems, which were designed mainly for voice applications. The term “2.5G” is used to denote an enhanced GSM system with high speed data services.

GPRS.

In an effort to increase the data rate within existing systems while waiting for the 3G systems to deploy, a General Packet Radio Service (GPRS) evolved. GPRS supports a much better data rate (up to a maximum of 140.8 kbit/s) and is packet-based rather than connection-oriented. It is deployed in many places where GSM is used. GPRS achieves the higher data rates by combining several timeslots, in practice 2–3. There is also a circuit-switched version of combining time slots—High-Speed Circuit Switched Data (HSCSD)—as a GSM-enhancement technology. HSCSD bumps up the bit rate and allows the system to combine TDMA “timeslots,” delivering data speeds up to six times faster than standard GSM systems. It is generally assumed that there is a greater need for downloading than transmitting, so the capabilities are asymmetric; for example, 14 kbit/s in the uplink (one timeslot) and 28 – 64 kbit/s in the downlink. Since the system is packet-based with the user always on, it is more the amount of data transmitted and received than the time elapsed that counts. It should be stressed that the exposure may be quite different for the data transmission applications, since the mobile phone may no longer be held near the ear. Because the specific absorption rate (SAR) falls off with distance, this reduces considerably the actual exposure to the head.

EDGE.

There is also another evolution path from 2G—known as Enhanced Data rate for GSM Evolution (EDGE)—which uses higher order modulations. However, the signal power in EDGE may vary from symbol to symbol, i.e., it is not constant-envelope modulation. It requires a good radio connection, so adaptive techniques are used to control power variations when possible. The information-bearing high data rate-related power is not constant, and is from a biological point of view a truly amplitude-modulated signal. It could offer wireless multimedia internet protocol (IP)-based services and applications at theoretical maximum speeds of 384 kbit/s with a bit rate of 48 kbit/s per timeslot and up to 69.2 kbit/s per timeslot, under good radio conditions. Power control schemes also introduce power variations. It should be noted that i-mode was the first service that enabled cellular telephones to access and navigate the Web. It was an overlay on the Japanese PDC system with packet transmission. Thus, unlike voice

calls which are circuit-switched and only function after dial-up, i-mode communications are “always-on” provided you are in an area where i-mode signals are present. It gives the user instant access to text messaging, email, and other Internet-based information, entertainment and multimedia content via high-speed GPRS technology.

3G systems

While the intention of the International Telecommunications Union (ITU) was to establish a truly global system, commercial factors prevented this from happening. There are common features though, in the sense that spread spectrum (like in IS-95) is a dominant access scheme for multiple users. It was again the drive to higher data rates, in general 384 kbit/s and up to 2 Mbit/s in indoor environments, that was the main goal (Etoh 2005). At the same time, new frequency bands around 2 GHz were released for the new service.

CDMA2000.

CDMA2000 is the North American version of the 3G CDMA network. It differs from W-CDMA mainly in the network architecture. There are some differences in the frequency allocations and the chiprate (Vanghi et al. 2004).

W-CDMA (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS).

The global standard for third generation (3G) wireless communications, IMT-2000, is a family of 3G standards, which includes W-CDMA and UMTS. When combined, W-CDMA and UMTS are referred to as UTRA. W-CDMA is the underlying standard and W-CDMA functions as the air interface for UMTS. The specific frequency bands originally defined are 1,885–2,025 MHz and 2,110 –2,200 MHz for uplink (from user to base station) and downlink, respectively. W-CDMA uses a pair of 5-MHz channels, one in the 1,900 MHz range for uplink and one in the 2,100 MHz range for downlink. In contrast, CDMA-2000 uses one or more arbitrary 1.25 MHz channels for each direction of transmission. Thus, W-CDMA has a wider bandwidth requirement. W-CDMA supports up to 2 Mbit/s data transfer rates, although typical users can expect performance of around 64 kbit/s in a heavily-loaded real-world system. However, this is still much greater than the 14.4 kbit/s of a single GSM error-corrected data channel or multiple 14.4 kbit/s channels in HSCSD, and offers the prospect of practical inexpensive access to the World Wide Web on a mobile device and general use of a Multimedia Messaging Service (MMS). Two different modes are in use: frequency division duplex (FDD), where the uplink and downlink communications are separated in different frequency bands, and time division duplex (TDD), where the same frequencies are used both ways, but separated in different time slots. This allows for the further advantage of having asymmetric transmission, such as using relatively more timeslots for downlink than uplink. The following frequencies have been allocated to W-CDMA:

- FDD Mode: Uplink 1,920 –1,980 MHz and 1,850–1,910 MHz; Downlink 2,110 –2,170 MHz and 1,930–1,990 MHz;
- TDD Mode: Downlink and Uplink 1,900 –1,920 and 2,010 –2,025 MHz; and Downlink and Uplink 1,850–1,910 and 1,930 –1,990 MHz.

The most commonly applied access mode is FDD. Users are separated by different codes, a high data rate modulation on top of the information. This means that the actual bandwidth is much higher than needed for the basic information rates; in the present system around 5 MHz. The basic rate for the codes is called the chiprate, and for W-CDMA the chiprate is 3.84 Mbit/s. The 60 MHz FDD frequency bands are divided into 5 MHz bands, which may be used by one operator or by different operators, depending on the regulations in the specific region or country. This fact should be considered when evaluating the total radiation from base station antennas. A requirement for the correct use of a CDMA system is that signals from all users arrive at the base station with the same power level, otherwise interference between the users will render it useless. Thus, strict and fast power control is enforced at a rate of 1,500 Hz with steps as small as 1 dB. This means that the power radiated from a handset (and thus the

SAR) will have a 1,500 Hz component. An additional factor contributing to power fluctuations (or discrete frequencies) is the non-constant-envelope feature. In contrast to GSM, the high data rates are seen in the spectrum of the power with a spectral peak at 3.84 MHz and a continuous spectrum below that. An example is shown in Fig. 1.

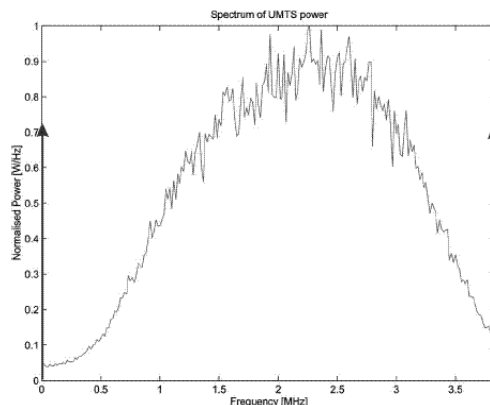


Fig. 1. A typical spectrum of the power variations in a W-CDMA handset signal (Bach Andersen et al. 2001).
378 Health Physics April 2008, Volume 94, Number 4

The maximum power radiated from a handset is governed by different classes. The most common is class 4 with a maximum radiated mean power of 125 mW: note that this is a factor of 2 less than the maximum mean power for GSM. In practice the power radiated may be much less if the distance to the base station is small, as in GSM. Fig. 2 shows a distribution of handset powers for a small urban cell, with a mean value of -6 dBm (6 dB below 1 mW, i.e., 0.25 mW). For a larger rural cell a much higher fraction of the powers would be near the maximum value. Nevertheless, the SARs are expected to fall within the ICNIRP basic restrictions. However, more information may be needed for the different chip rates and the higher rates of power fluctuations associated with the automatic power level control feature (APC). Another reason for the small powers is the so-called processing gain, which is equal to the ratio between the system bandwidth and the information bandwidth. For speech this ratio is large, for heavy data transmission it may be close to one, and the benefit disappears.

HSDPA.

Compared to fixed networks the data rate of 384 kbit/s is rather small, so efforts have been made to increase the maximum data rates of W-CDMA by using adaptive modulation and coding under favorable conditions. Also, the burst natures of packet transmissions are utilized so other users can utilize the channel when one user has a pause. The system is called High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) and allows transmission of up to 14 Mbit/s over a 5 MHz channel bandwidth. Naturally, this gives even higher rate power fluctuations than basic W-CDMA.

Beyond 3G

The quest for higher data rates is continuing, and the International Telecommunications Union (ITU) has set as goals 100 Mbit/s for general environments and 1 Gbit/s (1,000 Mbit/s) for indoors. This would require higher bandwidths and higher carrier frequencies, as well as advanced antenna technologies and adaptive modulations, as for 3G. It is difficult to predict exactly which technologies and access schemes will be applied, but one likely candidate is the Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) system. OFDM is essentially a multi-carrier system where the wide bandwidth is divided into a large number of narrowband carriers, and thus avoids the inter-symbol-interference characteristic of wide bandwidth systems. Like the other systems mentioned, this suffers from power fluctuations, often stated as a peak-to-mean ratio. The carrier frequencies will typically be below 6 GHz, since it is difficult to accept the Doppler frequencies for higher carrier frequencies (Etoh 2005). In mobile telephony the development is moving from transmitting voice mostly to transmitting voice and data services built in, whereas in

computing the developmental trend is from transmitting data to transmitting data and voice services built in. Both developments would likely converge to bring about new applications and technological challenges. It is becoming increasingly apparent that the major cellular mobile systems will evolve into a 4G environment with higher bandwidth, shorter latency, and all-IP networks. In all cases, existing air interfaces will be replaced using Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) for the downlink and OFDM for the uplink, similar to WiMAX (see later text). A combination of smart antenna technologies and Scalable OFDM (SOFDMA) will enhance the effective spectral efficiency through spectrum reuse and smart networking schemes. The use of frequency domain techniques will enable designs using Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) algorithms for more effective systems. There are millimeter frequencies under consideration for various specific applications, but no mobile systems at the present time.

Non-Mobile Wireless Communications Wireless LANs

Simultaneous with cellular mobile communication, significant developments have taken place in the area of Wireless Local Area Networks (WLAN), with rather short-range communication between an access point (a base station) and one or several users. The difference from the various generations of cellular mobile systems discussed above is the lack of overall network infrastructure, mobility, and handover between access points. WLANs are ad-hoc systems set up in homes, hotels, cafes, office buildings, airports, city parks, and corporate and university campuses as hotspots, and usually are connected to the Internet through the backbone connection of the access point, as an extension to wired LANs.

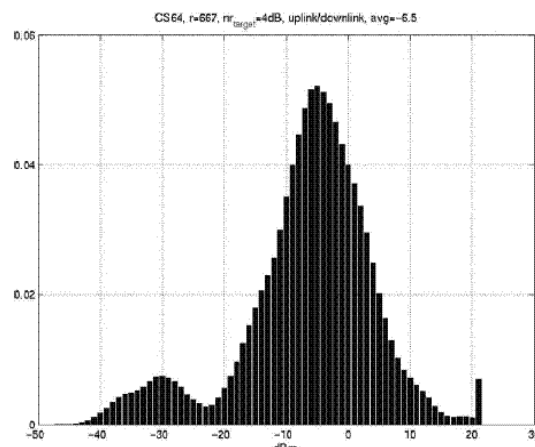


Fig. 2. Distribution of handset power in a small urban cell for a W-CDMA system (Bach Andersen et al. 2001).

ICNIRP Statement on EMF-emitting new technologies ● ICNIRP 379

It allows mobility of terminals in a well-defined area. As the popularity of portable devices such as laptop computers and personal digital assistants (PDAs) grows, WLAN has become the communication infrastructure of choice. WLANs have been standardized through the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Standard Organization (IEEE 802.11 Standard, IEEE 1999). The IEEE C standard is a complex family of standards, allowing operation at higher speeds and in additional frequency bands (Riezenman 2002). The main features of the different extensions of the IEEE 802.11 Standard, commonly identified by letters of the alphabet, are summarized in Table 1.

The trademark Wi-Fi (acronym stands for Wireless Fidelity) was originally used to certify IEEE 802.11b compliant devices to ensure their interoperability. However, it is now used by the Wi-Fi Alliance to certify all IEEE 802.11 compliant devices, independent of the particular standard extension used (a, b, g, or h) (Ferro and Potortu` 2005). Note that the ISM (Industrial, Scientific, and Medical) bands are used for license free communications, in contrast to the prices paid for the use of the 3G spectrum in most countries.

This is also the case for the popular Bluetooth (<http://www.bluetooth.com/>) short-range cable replacement system, operating in the 2.4 GHz band.

The IEEE 802.11 standard does not impose any limit on the maximum radiated power, because such limits, together with the available frequency bands, are decided by different regulatory bodies, such as the FCC (Federal Communications Commission 2005) in the U.S. and CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations 2002, 2004) in Europe. The assigned frequency bands and allowed maximum radiated powers [also expressed in terms of Effective Isotropically Radiated Power (EIRP) for USA and Europe] are summarized in Table 2. The majority of Wi-Fi systems available on the market are IEEE 802.11b devices operating with a maximum EIRP of 100 mW (20 dBm). The modulation schemes employed by WLANs include frequency hopping and direct sequence spread spectrum in the 2.4 GHz band and OFDM in the 5 GHz band. WLAN transmissions are intermittent, which leads to power fluctuations at the data rates or higher. Therefore, timeaveraged powers are lower and depend on the quantity of data being transmitted.

WiMAX

The name WiMAX was introduced in 2001 as the air interface technology for wireless data transmission over long distances. It is the acronym for Worldwide Interoperability for Microwave Access and is based on the IEEE 802.16 standard. It provides connectivity from point-to-point links to full cellular mobile type access. It enables, for example, wireless browsing of the Internet on a laptop computer. WiMAX provides the technology for delivery of last mile broadband wireless access as an alternative to cable. In many ways, it is closer to Wi-Fi than 3G cellular mobile technologies. The 802.16d and 16e standards are the most widely employed WiMAX standards, covering the 2 to 11 GHz frequency range (IEEE 2005). IEEE 802.16e uses the SOFDMA instead of the OFDM version with 256 subchannels in 802.16d. The updated version 802.16e also makes use of multiple antenna support through MIMO communication and signal processing technology.

Table 1. The main features of the different extensions of the IEEE 802.11 Standard.

Table 1. The main features of the different extensions of the IEEE 802.11 Standard.

Standard	Description	Frequency (GHz)	Data rate (Mbit/s)	Year
IEEE 802.11	Original standard, exploiting the ISM band	2.4	2	1997
IEEE 802.11b	Enhanced data rate in the ISM band	2.4	11	1999
IEEE 802.11a	Fastest version of the standard, exploiting the UNII band	5.7	54	1999
IEEE 802.11g	Same 802.11a speed, but in the ISM band	2.4	54	2003
IEEE 802.11h	Modification of 802.11a to ensure usability in Europe	5.7	54	2003

Table 2. Assigned frequency bands and allowed maximum radiated powers.

Frequency band (MHz)	USA (FCC)		Europe (CEPT)	
	Radiated power (dBm)	EIRP (dBm)	Radiated power	EIRP (dBm)
2,400–2,483.5	30	36	—	20
5,150–5,250	17	23	—	23
5,250–5,350	24	30	—	23
5,470–5,725	24	30	—	30
5,725–5,850	30	36	Unavailable frequency band	

There is no globally agreed spectrum for WiMAX although economy of scale is driving it toward 2.3 GHz, 2.5 GHz and 3.5 GHz, for mobile phones and laptop computers. The typical channel width is between 3.5 MHz and 10 MHz. Under ideal operating conditions, symmetrical uplink and downlink speeds of 70 Mbit/s could be achieved. However, the speeds deliverable in practice are about 10 Mbit/s at 10 km. One of the significant advantages of WiMAX is spectral efficiency. Thus, exposure to RF fields is expected to be at or below exposure limits in 3G applications.

Bluetooth

Short-range wireless connectivity is achieved using the Bluetooth cable replacement system, which operates around 2.45 GHz. Devices incorporating Bluetooth wireless technology include mobile phone headsets and computer accessories such as printers, keyboards, mice and PDAs. This technology is being increasingly used in business and in the home. The Bluetooth Specialist Interest Group (Bluetooth SIG), which is a trade association, lists over 500 products using Bluetooth technology; some representative products are given in Table 3.

Table 3. Representative products.

Product category	Product category
Access point	Keyboard and mouse
Audio and visual	Medical
Automotive	Mobile phone
Component	Music
Gaming	Office equipment
GPS	Personal computer
Handheld	Printer
Headset	Services and tools
Home environment	Unique products

The technology can support small networks, known as piconets, with a point-to-multipoint configuration. The communication is normally over very short ranges, from a few meters to tens of meters. Devices for these applications have very low output powers of only a few mW, about one hundred times lower than mobile phones. Power requirements are given as power levels at the antenna connector and three power classes are defined (see Table 4).

Table 4. Power requirements.

Item	Power Class 1	Power Class 2	Power Class 3
Maximum output power ($P_{\max}$)	100 mW (20 dBm)	2.5 mW (4 dBm)	1 mW (0 dBm)
Nominal output power	n/a	1 mW (0 dBm)	n/a
Minimum output power at maximum power setting	1 mW (0 dBm)	0.25 mW (-6 dBm)	n/a
Range of mandatory power control	-4 dBm to $P_{\max}$	n/a	n/a

The nominal output power of devices in Class 2 or 3 is about 1 mW, although reduction of power is possible through optional power control. Power control down to -4 dBm is mandatory for Class 1 devices and the step size is in the range 2–8 dB. Control to lower powers for optimizing power consumption and minimizing overall interference is optional for Class 1 devices. Power control is also an option for Class 2 and 3 devices. A lower power limit of less than -30 dBm is suggested for all power classes but is not mandatory. Bluetooth devices in these classes are intended to communicate over short ranges. The low power outputs will give rise to correspondingly low exposures, well below guideline levels.

DECT

Digital Enhanced Cordless Telecommunication (DECT) is a digital technology which originated in Europe, and is now being adopted worldwide. DECT technology is a flexible digital cordless access system for communications in home, office and public environments. DECT is mainly known for high quality voice communications, but it has widespread applications like Internet access and internetworking with other fixed or wireless services. Indeed, devices with DECT-based transmission have been introduced for on-demand services.

The DECT standard uses a radio spectrum for wireless communication in the 1,880 to 1,900 MHz band using Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) modulation (Table 5). DECT is designed to be compatible with any type of telecommunication network. DECT applications include residential, Public Switched Telephone Network (PSTN), Integrated Services Digital Network (ISDN), GSM, voice, fax, modem, e-mail, Internet, and others. A simple DECT system consists of a fixed part commonly known as a base set and a portable part known as a cordless handset, which is common in a household system capable of making a voice communication. The DECT base set is continuously transmitting on at least one channel to provide a beacon for DECT phones.

Table 5. The DECT standard.

DECT parameters	Range
Frequency band	1,880–1,900 MHz
Carrier spacing	1.728 MHz
Modulation	GFSK
Radio access	FDMA TDMA TDD
Number of time slots	12
Number of carriers	10
Total duplex channels	120
Bit rate	1.15 Mbit/s
Maximum data rate	552 kbit/s
Frame duration	10 ms
Error detection	CRC
Speech coding	32 kbit/s ADPCM
Channel assignment	Dynamic channel selection
Mobility speed	20 km/h
Peak power (average)	250 mW
Average power	10 mW
DECT range	300 m

The handsets in the coverage area of the base set will verify their identity and lock on to the base set. This transmission can be part of the active transmission or a dummy bearer transmission. The base set's beacon transmission carries broadcast information in multi-frame, multiplexed structure on base set identity, system capabilities, Radio Fixed Parts (RFP) status and paging information for incoming call set-up. The DECT band is divided into 10 equal sub-bands. Within a frequency channel, transmit and receive channels are separated by time slots through a TDMA scheme.

RFID technologies

Radio Frequency Identification (RFID) technology is being applied to a variety of applications such as logistics and inventory management in many industries including retail, manufacturing, aerospace, automotive, pharmaceutical, transportation, medical/healthcare, and information technology. A major incentive is to use the wireless automatic identification technology to streamline enterprise operations. Advantages of RFID compared to other automatic identification systems are that they are stable, mobile, non-contact, rewritable, in small and thin shapes, ambient temperature resistant, and capable of coating, multiplexing, and individual identification. RFID systems consist of RF tags and RF readers or interrogators (Finkenzeller 1999). RF tags are attached or implanted in the objects to be detected or tracked by RF readers. Active RF tags with batteries radiate higher strength RF signals, which are mainly used in large spaces, e.g., factories or container parks. Passive RF tags are transponders which have no battery but operate with RF power transmitted from an RF reader without any contact. The convenience of passive RF tag systems has rendered it the technology of choice for applications that require large numbers of IDs or lower cost compared to active RF tag systems. Therefore, the description is focused on the passive RF tag systems. Many types of passive RF tags have been developed. The card type RF tags are very popular in automatic ticket gates, in railway stations for example. Other types include the heat-resistant type for dry cleaning facilities, the glass-case implantable type for animals, outdoor types for transportation containers, and the adhesion sheet type for apparels and for books in libraries. Tunnel or gate type RF readers have been developed for use in manufacturing facilities. Gate types are also used for Electronic Article Surveillance (EAS) in retail stores and libraries. Hand-held type RF readers are used in cases where long-distance communication is not required, e.g., logistic, inventory, and customer management. The panel type RF readers are installed in counters in libraries or checkouts in cafeterias for objects embedded with an RF tag. Most RFID systems operate at frequencies from 100 kHz to 2.45 GHz or higher (e.g., 5.8 GHz). Different wireless communication methods are used for the lower and higher frequencies:

1. Inductive coupling is used at 13.56 MHz or lower frequencies. The EMF from a coil or coils in an RF reader couples with a loop or coil antenna in the RF tag. The received RF energy changes the load of the antenna in the RF tag and the RF reader senses this change. This method is most suited for relatively short communication ranges (up to 1 m) and it is capable of fast processing with multi-reading and anti-collision functions. The capacity of this method would deteriorate if an RF tag is attached to a metal object;

2. Propagation coupling is used at higher frequencies, especially around 1 GHz (referred to as UHF) and 2.45 GHz. In operation, the RF reader transmits an EM wave. The RF tag captures the RF energy of the EM wave from the RF reader. The RF tag generates and emits an EM wave, using the absorbed energy, which is received by the RF reader. This method affords a longer communication range (1–5 m). However, the communication range can deteriorate due to water/vapor absorption and electromagnetic interference (EMI) from other equipment. The specifications of RFID have been standardized internationally in several International Organization for Standardization (ISO) and ISO/International Electrotechnical Commission (IEC) documents (ISO 11785, ISO 14223-1, ISO/IEC 10536-2, ISO/IEC 1443-2, -3, -4, ISO/IEC 15693-2, -3, ISO 10374, ISO/IEC 18000) (ISO 2007). Electromagnetic fields from RFID devices used in the public environment are generally lower than the ICNIRP guidelines. Electromagnetic fields in the proximity of RF reader antennas can however be locally higher than the ICNIRP reference level. For example, the operation level of the magnetic field for the card type RF tag is specified from 0.15–5 A m⁻¹ at 13.56 MHz in ISO/IEC 15693-2, while the corresponding ICNIRP reference level at 13.56 MHz is 0.073 A m⁻¹ for the general public. Because EMFs from RFID rapidly decrease with distance and are emitted intermittently, spatial and temporal averaging should be applied when evaluating the EM exposure. Note that a detailed numerical simulation has shown that the induced current density in a human body in a gate type RF reader (EAS) is lower than the ICNIRP basic restriction (Gandhi and Kang 2001). The impact of the inductive coupling type RFID system as well as EAS and security systems have been described in another statement (ICNIRP 2004a). The output power of RF readers ranges from several 100 mW to several watts, which is significantly lower than that of a typical base station antenna but higher than that of a cellular phone. Local SAR evaluation may be required for comparison with the ICNIRP basic restriction if an RF reader is located in proximity to a human body. As more RFID systems are implemented in various business processes, human exposure to EMFs due to RFID will increase significantly. Exposure levels from each device are very small while the number of simultaneous exposures can be very large and the locations of the sources are unknown. This exposure scenario is very different from many other RF equipment. Practical methods for evaluation of human-body exposure to EMFs from RFID devices may therefore be necessary.

UWB technology

Ultra-wide-band (UWB) technology is mainly used in imaging, sensing, and communication systems (Kaiser et al. 2007). Examples of imaging and sensing systems include vehicular radar, ground penetrating radars (GPRs), through-wall sensing, and medical imaging, while communications systems include hand-held transceivers, sensor networks, Wireless Personal Area Networks (WPAN), etc.

The FCC defines a UWB device as any device where the fractional bandwidth is greater than 0.20 or occupies 0.5 GHz of spectrum (FCC 2002). The effect of this definition is that UWB systems with a center frequency greater than 2.5 GHz need to have a ≥ 10 dB bandwidth of at least 500 MHz, while UWB systems operating with a center frequency below 2.5 GHz need to have a fractional bandwidth of at least 0.20. FCC based its definition of an UWB device on the ≥ 10 dB bandwidth, rather than the ≥ 20 dB bandwidth used earlier, because UWB devices operate so close to the noise floor that in many cases it may not be possible to measure the ≥ 20 dB bandwidth. FCC also proposed that the bandwidth be determined using the antenna that is designed to be used with the UWB device. Specifically, for UWB applications, FCC allows the use of the frequency range below 0.96 GHz, between 1.99 and 10.6 GHz, and between 22 and 29 GHz in the U.S. In particular, FCC has stipulated the following definitions: low frequency imaging systems are those whose ≥ 10 dB bandwidth is contained below 960 MHz; mid-frequency imaging, consisting of through-wall imaging systems and surveillance systems, that operate with the ≥ 10 dB bandwidth within the frequency band 1,990–10,600 MHz; and high frequency imaging systems, equipment that operates exclusively indoors, and handheld UWB devices that may operate anywhere, including outdoors and for peer-to-peer applications, that operate with a ≥ 10 dB bandwidth within the frequency band of 3,100–10,600 MHz. Vehicular radar systems operate with the ≥ 10 dB bandwidth within the frequency band of 22–29 GHz and with a carrier frequency greater than 24.075 GHz. The average emission limits for UWB systems, in terms of EIRP measured in dBm with 1 MHz resolution

bandwidth, are given in Table 6. It must be noted that the highest value in the table is -41.3 dBm/MHz, which corresponds to 75 nW/MHz. Like most UWB systems, the average emissions from vehicular radar systems in driver assistance systems

Table 6. The average emission limits for UWB systems.

Frequency band (MHz)	Imaging below 960 MHz	Imaging mid frequency	Imaging high frequency	Indoor applications	Hand held including outdoor	Vehicular radar
0.009–960	–41.3	–41.3	–41.3	–41.3	–41.3	–41.3
960–1,610	–65.3	–53.3	–65.3	–75.3	–75.3	–75.3
1,610–1,990	–53.3	–51.3	–53.3	–53.3	–63.3	–61.3
1,990–3,100	–51.3	–41.3	–51.3	–51.3	–61.3	–61.3
3,100–10,600	–51.3	–41.3	–41.3	–41.3	–41.3	–61.3
10,600–22,000	–51.3	–51.3	–51.3	–51.3	–61.3	–61.3
22,000–29,000	–51.3	–51.3	–51.3	–51.3	–61.3	–41.3
Above 29,000	–51.3	–51.3	–51.3	–51.3	–61.3	–51.3

are low, but widespread adoption and associated high traffic density in many urban environments could potentially lead to an increased ambient RF power level. With regard to imaging systems, UWB signals are appealing due to their low probability of interception, non-interfering signal waveform, precision ranging, and localization (Taylor 1995). In this application, UWB radar has the possibility to probe the motion of the internal organs of the human body with a remote noncontact approach (McEwan 1994). For example, an UWB radar was able to detect, non-invasively, the movements of the heart wall. In practice, vocal cords, vessels, bowels, heart, lung, chest, bladder, and fetus, and any body part of adequate size can be monitored by an UWB radar. Recently, UWB systems have also been used for breast tumor detection (Fear et al. 2002). As for communication systems, UWB communication is a transmission technology promising less complex hardware. Transmission takes place in baseband, i.e., no hardware is required for mixers and RF oscillators, as would be necessary in narrowband systems. In this area UWB signals are used for applications requiring either high bit rates over short ranges or low bit rates over medium-to-long ranges (Di Benedetto and Giancola 2004). The high bit rate/short range case includes WPAN for multimedia traffic, cable replacement such as wireless USB, and wearable devices, e.g., wireless headphones. The low bit rate/medium-to-long range case applies to long-range sensor networks such as indoor/outdoor distributed surveillance systems, non-real-time data applications, e.g., e-mail and instant messaging, and in general all data transfers compatible with a transmission rate in the order of 1 Mbit/s over several tens of meters. In UWB systems, a radiating antenna could be placed very close to the human body (hand-held radio, wireless headphones, etc.) at the same time another radiating antenna could be broadcasting. Thus, in principle, both near-field and far-field human exposure can take place. Since the fields radiated by UWB systems are broadband or multiple frequency, according to ICNIRP guidelines, the exposure assessment is based on the summation formula in the frequency range of UWB systems, where the relevant dosimetric parameter is the SAR. Finally, an aspect of UWB to be taken into account is that it is a form of broadband EM radiation, which can increase the level of noise floor for radiocommunication services or block receiver front ends. Communication systems such as cellular phones, WLANs, etc., often employ adaptive power control. When such systems find the quality of service is degrading, they ramp up their transmitter power to compensate. Thus, it is conceivable that an indirect consequence of UWB systems could be a rise in average SAR as cellular phones, etc., are caused to use increased powers.

Digital video broadcasting

Digital video broadcasting (DVB) systems transmit programs through different techniques, such as satellite (DVB-S), terrestrial antennas (DVB-T), and terrestrial television for hand-helds (DVB-H). It replaces analog roadcasting with digital systems. In the case of DVB-T, the conventional analog signals characterized by amplitude modulation are replaced with integrated digital pulses and repetitive transients modulations similar to WLAN spread over many individual frequencies. The modulation schemes used vary with different services; for example, DVB-S uses Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), and DVB-

T uses QPSK in combination with OFDM and hierarchical modulation to allow more efficient use of available frequencies. Therefore, frequencies for conventional analog broadcasting are made available for additional broadcasting and other services. Indeed, DVB-H mobile TV has become a reality in some locations along with the availability of hand-held receivers.

Telemedicine

Telemedicine involves the use of wireless communication technologies for medical diagnosis, treatment, and patient care. Current aims of telemedicine are to provide remote access to medically relevant data and expert-based health care to remote sites through modern telecommunication and information technologies. At present, the number of telemedicine sites and variety of clinical applications are increasing. Potentially, telemedicine could involve large numbers of people with bodyworn sensors and transmitters. Present development involves a combination of some of the wireless communication technologies (e.g., GSM, WLAN, WPAN, and Bluetooth) to acquire physiological data, monitor patients and manage diseases in a cost-effective manner.

This may be done by applying sensors to the patient and sampling them on demand or on a regular basis within hospitals using WLAN or after discharge via mobile telecommunication in their homes. Thus, it could take place either in real time or the data could be stored and then forwarded for subsequent examination. In contrast to the conventional use of medical devices, the wireless sensors are body-worn and can be used intermittently over a long period of time for large numbers of people (e.g., patients).

Other Non-Communication Uses

Ground penetrating radar

Ground penetrating radar (GPR), surface penetrating radar, or subsurface radar are all names that refer to the same technique used to locate objects and (or) interfaces situated in a region not penetrable by the eyes. GPR is similar to the conventional free-space radar used to detect backscattered radiation from a target to evaluate its position and velocity. GPR systems are made of a transmitting part (source and antenna) which transmits EM power to the region under investigation, and a receiving part which collects the reflected power and, through signal processing techniques, elaborates it to extract the requested information. The presence of the interface between the air where the antenna is located and the region under investigation, and its influence on the reflected signal, are the fundamental differences between GPR and conventional radar. PR is used as an alternative technique to seismic methods, sonar, or other specific techniques, its main advantage over those techniques being the general purpose principles of operation and the use of remote, non-contacting transducers to radiate and receive the EM energy. Moreover, it has the highest resolution in subsurface imaging of any geophysical method, approaching centimeters under the right conditions (Leon et al. 1994). The design of GPR systems is largely applications oriented and the overall design philosophy, as well as the details, depends on the target type and the background medium. The bandwidth of the received signal is directly linked to the number of features (geological strata or buried objects) that will be resolved. Since penetration depth decreases with frequency, usually GPR systems work with frequencies less than 1 GHz. In long-range investigations, frequencies as low as a few tens of MHz have also been used. On the other hand, resolution is higher for higher frequencies. Consequently, low frequency antennas (10–120 MHz) radiate long wavelength EMFs that can penetrate up to 50 m or more in certain conditions, but are capable of resolving only very large subsurface features. In contrast, the penetration depth of a 900 MHz EMF is about 1 m, and often less in typical ground conditions, but the generated reflections can resolve features down to a few centimeters in diameter (Carin 2001; Daniels 1996). Usually, GPR systems use very narrow pulses (e.g., pulse duration 1 ns) with low mean power (e.g., peak pulse power 50 W, mean pulse power 50 mW) and the received power is at least one order of magnitude below the transmitted one. It should be noted that GPR systems, on the basis of the FCC classification reported in FCC (2002), belong to the imaging system class; as a consequence, their transmitted power should conform to Table 6, at least in the U.S. Since antenna frequency, radiation pattern and radiated power strongly depend on the application, it is very

difficult to define general exposure conditions with reference to GPR systems as a whole. In particular, to evaluate the operator exposure to the GPR EMF, it must be considered that the operator will be in the near-field of the transmitting antenna, so that the exposure evaluation should be conducted considering the SAR according to the formula for multiple-frequency exposure (ICNIRP1998).

Induction heating (IH) cooking hobs

Recently, domestic induction heating (IH) hobs (stoves or cook tops) have gained popularity in Japan and European countries, even though they were introduced into the market some time ago.

When electrically-conducting materials are immersed in an alternating magnetic field, they can be heated as a result of eddy current losses (Joule effect). This heating technique has been applied mainly for industrial purposes, such as in metal furnaces. Induction heating is also used as a cooking tool. Aside from high-power (5–10 kW) equipment for commercial catering use, low-power (1–3 kW) IH hobs are produced as domestic kitchen appliances. The advantages of IH hobs include cleaner operation and the possibility of reduced fire hazards. As many as 300,000 units per year are projected for sales in Europe alone (Gaspard 1998). IH hobs operate at the intermediate frequencies of 20 to 50 kHz to take advantage of efficient energy usage and to avoid the audible noise created by cooking utensils (pots, pans, and other containers) made of cast iron and stainless steel having high magnetic permeability (ICNIRP 2003; Litvak et al. 2002; Wennberg 2001). More recent developments in IH hobs have enabled the use of aluminum cookware at higher frequencies (over 60 kHz) (Suzuki and Taki 2005). The strength of the electric field in the vicinity of IH hobs is much lower (a few tens of volts per meter at a distance of 10 cm from the stove edge) than the strength of the magnetic field (Stuchly and Lecuyer 1987). A typical waveform of the magnetic field is shown in Fig. 3.

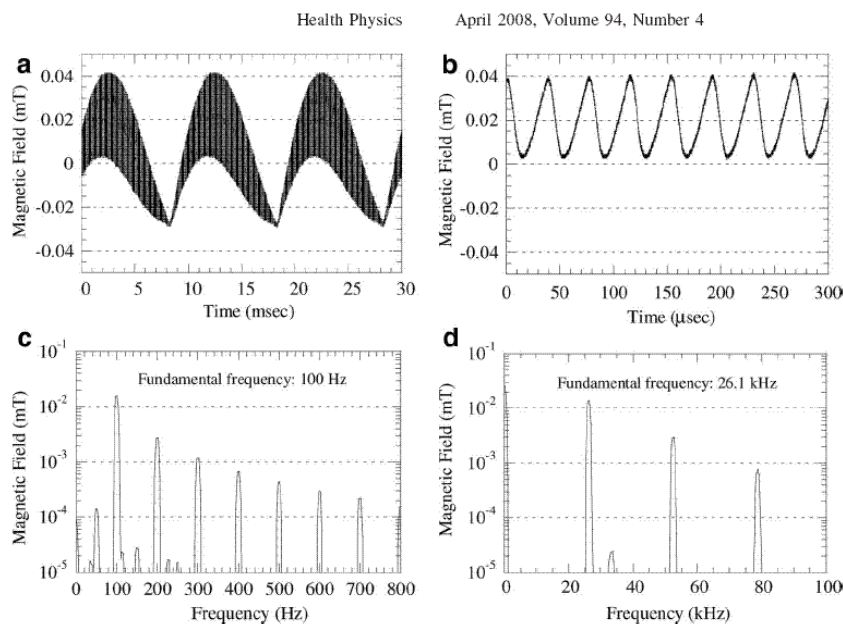


Fig. 3. Example of measured magnetic field generated by IH hob: (a) and (b) waveforms of magnetic field; (c) and frequency characteristics.

It consists of a carrier wave (26.1 kHz in the example), amplitude-modulated at a frequency of 100 Hz (for 50 Hz power) or 120 Hz (for 60 Hz power). In general, the harmonic content is significantly higher, and the operating frequency depends on the output power setting. For a given power setting, the magnetic field strengths around the hob depend on the material and size of the utensils. The magnetic fields decrease rapidly with distance, and are characterized by the magnetic field distributions of a magnetic dipole or a current loop (Yamazaki et al. 2004). In practice, the magnetic field strength experienced by the user depends on the user's position, i.e., where the operator is likely to stand (IEC 2005), or whether a

person is leaning over the top of the hob or not (Stuchly and Lecuyer 1987). Numerical calculations of induced current showed that only parts of the body of the operator (in particular, the hands) are exposed to magnetic fields above the reference level (Buraïs 1998). Other reports indicate that the maximum induced currents averaged over 1 cm² perpendicular to the current direction are lower than the ICNIRP's basic restrictions, while the maximum magnetic field may exceed the reference levels (Suzuki and Taki 2005). Note that for complex multiple-frequency fields, with complex non-sinusoidal waveforms such as those generated by the IH hob, ICNIRP guidelines provide a summation procedure for the various frequency components. In addition, the guidelines provide an alternative method of assessment based on a weighting function (ICNIRP 2002).

Medical MRI equipment

Magnetic resonance imaging (MRI) is an imaging technique that employs strong DC magnetic fields, rapidly switched gradient magnetic fields, and RF EMFs. It can image soft tissues—unobstructed by bone—with enhanced contrast, compared to x-ray computed tomography. Moreover, the ability to provide images in numerous freely selectable planes in terms of number and orientation without requiring the repositioning of the patient, has rendered MRI a very effective and important tool for soft tissue medical imaging. Indeed, it has become the radiological modality of choice for a great number of diagnostic procedures. Because of its design, a conventional MRI system operating at 1.0 T is unlikely to expose radiological staff to field levels in excess of basic restrictions. Some newer open 0.7 T MRI systems allow medical personnel to perform interventional procedures on patients under MRI guidance. Despite this success the diagnostic possibilities are far from being exhausted. Higher static fields and consequently higher RF fields offer new possibilities of imaging target molecules. Therefore, the devices need to be classified in conventional devices up to 2 T, in devices which may need patient monitoring (> 2 T up to 4 T) and devices where applications need to be governed by ethical risk/benefit estimations (> 4 T). Depending on the class, it is no longer assured that basic requirements are met during occupational exposure, in particular concerning partial-body exposure of hands, heads or torsos. It is possible that hands, heads or torsos exposed under such conditions may exceed current safety guidelines, especially for gradient fields (ICNIRP 2004b). The gradient field is lower than the static magnetic field but it is pulsed rapidly in time and is a function of the imaging technique and design of the MRI system. It is important to note that the time rate of change of the gradient magnetic field is closely related to the strength of the electric field induced inside the body. Recently, the demand for increased spatial resolution and high signal-to-noise ratio (SNR) from MRI instruments and imaging target molecules has prompted the use of higher and higher magnetic fields (as high as 11 T). This development intrinsically requires higher RFs for MRI, which, in principle, can not only augment the amount of RF power deposition inside the patient's body, but also increase the EMF exposure for workers using MRI equipment in the hospital environment and workers employed in supporting, servicing, developing and manufacturing this equipment. There has been particular interest in the exposure of the head, torso, and limbs to the gradient fields, which may be substantial under certain operational environments. Some recent investigations have shown that exposure to the stray magnetic field of whole-body 7 T MRI may affect neurobehavioral performance such as visual perception and hand-eye coordination, but there was no effect on working memory (Glover et al. 2007). The effect appears to depend on the dynamic field component generated by head movements (>150–300 mT/s) and not on the static magnetic field. In the near future it may be necessary to classify MRI systems, such as classifying conventional systems as scanners with magnetic fields up to 2 T, scanners which need patient monitoring (> 2 T up to 4 T), and scanners where their application needs to be governed by ethical risk/benefit estimations (> 4 T). Depending on the class and use, the basic restrictions may not be met during occupational exposures, especially with regard to partial-body exposure of hands, heads, or torsos.

Electrified trains and magnetically levitated vehicles (MAGLEVs)

High-speed ground transport systems for intercity passenger and long distance travel have been in active development ever since limitations of existing transport modes became apparent. At present, several of the

high-speed electric transportation systems (including the electrified train and the magnetically levitated vehicle) have been put into commercial operation in various parts of the world. These high-speed electric transportation systems generate complex electric and magnetic fields (EMFs) with various frequency components and have a complex spatial distribution. Because of their unique character, it is difficult to describe the entire environmental electric and magnetic fields from these systems. Therefore, in this section, examples from commercial systems are shown together with a description of the MAGLEV systems as advanced guided ground transportation systems.

Electrified trains (commuter in Japan and TGV

in France). In electrified train systems, motors, variable voltage and variable frequency (VVVF) inverters, inductors and other electric devices are the major sources of EMFs. The EMF sources are located under the floor of the train car and generate complex magnetic fields in frequency and in distribution. Moreover, the frequency and distribution of the magnetic field change depending on the vehicle condition such as mode of run (acceleration, constant speed, deceleration, or free running). There are only a few papers describing the distribution of EMFs in electric transportation systems. For example, maximum static magnetic fields in DC electrified trains up to 1.5 mT were shown on the floor above the inductor, but the magnetic field decreased to below 1 mT 20 cm above the floor level (Mizuma and Kato 1999). For the timevarying magnetic field, the maximum density is 50 μ T on the floor above a VVVF inverter.

EMFs measured from a commercial TGV vehicle showed that the spatially averaged static magnetic field density inside the car was 54.5 μ T and the maximum was 96.2 μ T. At 50 to 60 Hz, the average magnetic field was 3.05 μ T and the maximum was 16.5 μ T (U.S. DOT 1993).

Advanced Guided Ground Transportation Systems

Transrapid—Transrapid is a German MAGLEV system that has been operating in Shanghai, China, since 2003. EMFs measured in prototype vehicles of Transrapid (TR-07) were reported by the U.S. Department of Transportation (U.S. DOT 1993). In TR-07 cars, the average static magnetic field density was 49.8 μ T and the maximum was 98.1 μ T at a point 175 cm above the floor. Below this height, the static magnetic field exceeded 500 μ T and no reliable measurement has been reported at this point. At 50 to 60 Hz, the average magnetic field was 1.6 μ T and the maximum was 4.3 μ T at a point 12 cm above the floor.

Superconducting MAGLEV

Superconducting MAGLEV systems are currently under development in Japan. While they have been technically approved, these systems have not been put into commercial use. They use superconducting magnets (SCM) for levitation, guidance and propulsion of the vehicle. Therefore, a unique alternating magnetic field in the form of an extremely low-frequency, intermittent pulsed magnetic field is generated near the tracks by the moving SCMs on the vehicle. A few measurements of MAGLEV have been conducted so far. One report showed that the magnetic fields were between 45 μ T (19.3 m from the SCM) and 268 μ T (7.5 m from the SCM), outside the vehicle. The frequency of the magnetic field can be up to 6.4 Hz at 500 km h⁻¹ (Sasakawa et al. 1998).

HSST Trains

HSST uses resistive magnets for levitation and propulsion. The first commercial line, named “Linimo,” has been in operation since March 2005 in Aichi, Japan. There is no report of magnetic field measurement inside a Linimo vehicle. In a predecessor vehicle (H-200 type), the levels of stray magnetic fields were up to 1 μ T for the static magnetic field at 10 cm above floor and 100 μ T for 10–20 Hz above its VVVF inverter (Mizuma and Kato 1999).

Note that magnetic field levels across the high-speed ground transport systems range over many orders of magnitude (from a few μ T to several mT). Specifically for the system mentioned above, the static magnetic fields vary from 1 μ T to 1.5 mT, while the AC magnetic fields vary from 1 to 100 μ T. A comparable observation was made across the whole range of transportation systems (Muc 2001). It is important to

recognize that the extent and distribution of magnetic fields associated with transportation systems vary considerably with location inside or outside the vehicle. Even more important is that the extent and distribution of exposure within the body of the person receiving the exposure varies considerably. Nevertheless, for members of the general public, the range of EMF exposures in existing and developing high speed transportation systems is comparable. However, the exposures may be very different with regard to the frequency contents.

Wireless transport of electrical energy

The concept of wireless-power transmission (WPT) from solar-power satellites (SPS) envisions the generation of electric power by solar energy in space for use on Earth [NRC 2001; Lin 2002; International Scientific Radio Union (URSI) 2007]. The system would involve placing a constellation of solar power satellites in geostationary Earth orbits. Each satellite would provide between 1 and 6 GW of power to the ground, using a 2.45 or 5.8 GHz microwave beam (see Table 7). The powerreceiving rectenna on the ground would be a structure measuring 1.0 to 3.4 km in diameter. The higher (5.8 GHz) frequency has been proposed since it has a similar atmospheric transparency. Although, in principle, the higher frequency could involve a reduced size for the transmitting and receiving antennas, as can be seen from Table 7 current designs have opted for larger transmitting antennas and smaller rectenna sites, but a larger power density on the ground to conserve land use, especially in Japan.

Table 7. System configurations.

System parameters	NASA	JAXA	JAXA-2
Frequency	2.45 GHz	5.8 GHz	5.8 GHz
Total transmitted power	6.72 GW	1.3 GW	1.3 GW
Maximum power density in beam	22,000 W m ⁻²	630 W m ⁻²	1,140 W m ⁻²
Minimum power density	2,200 W m ⁻²	63 W m ⁻²	114 W m ⁻²
Maximum power/element	185 W	0.95 W	1.7 W
Number of antenna elements	97 million	3,450 million	1,950 million
Element spacing	0.75 λ	0.75 λ	0.75 λ
Transmit antenna size	1.0 km dia	2.6 km dia	1.93 km dia
Amplitude taper	10 dB Gaussian	10 dB Gaussian	10 dB Gaussian
Rectenna size	1.0 km dia	2.0 km dia	2.45 km dia
Max power density above rectenna	230 W m ⁻²	1,800 W m ⁻²	1,000 W m ⁻²

A joint effort between the Department of Energy (DOE) and the National Aerospace Administration (NASA) in the U.S. extensively investigated the feasibility of SPS-WPT during 1976–1980. The effort generated a Reference System Concept for Solar Power Satellites. The DOE–NASA Reference System involved placing a constellation of solar power satellites (5 _ 10 _ 0.5 km deep) in geostationary Earth orbits, each of which would provide 5 GW of power to major cities on the ground, using a 2.45 GHz microwave beam. The Reference System’s 60 such satellites were contemplated to deliver a total of 300 GW of generating capacity. The transmitting antenna was about 1 km in diameter. The power-receiving rectenna on the ground was a 10 _ 13 km structure. Japan’s Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) announced plans to launch research for a solarpower- generation satellite and to begin operating a giant solar power station by 2040. This program is expected to design and operate an SPS-WPT system that would ensure the microwaves would not interrupt cellular mobile telephone and other wireless telecommunications services. The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has proposed and evaluated various system configurations for operation at 5.8 GHz (see Table 7). For example, the JAXA-2 model would have a maximum power density of 1,000 W m₂ on the ground. A smaller transmitting system would have 260 W m₂ at the rectenna site on the ground.

The ICNIRP guidelines are 50 or 10 W m₂ for occupationally exposed persons vs. the general public, at either 2.45 or 5.8 GHz (ICNIRP 1998). Note that the average absorption remains fairly stable for frequencies above 2 GHz (Lin and Gandhi 1996; Lin and Bernardi 2007), except when the frequency becomes much higher, i.e., at 10 GHz, where the skin effect takes over, the maximum tolerable exposure at 5.8 GHz would be essentially the same as for 2.45 GHz. As can be seen from Table 7 at the center of the microwave beam, where power densities would be maximum, the proposed power densities range from 23 to 180 mW cm₂ (230 to 1,800 W m₂) above the rectenna. At 2.45 GHz, the power density is projected to

be 1.0 W m^{-2} at the perimeter of the rectenna. Beyond the perimeter of the rectenna site or 15 km, the side lobe peaks would be less than 0.1 W m^{-2} . Clearly, beyond the perimeter of the rectenna, the potential exposure would be well below that currently permissible to the general public.

The danger of loss of control of highly focused beams may be minimized by tightly tuned phased array techniques and by automatic beam defocusing to disperse the power in the event it occurs. Defocusing would degrade the beam toward a more isotropic radiation pattern, which would give rise to even lower power density on the ground (Osepchuk 1996). Near the center of the microwave beam, power densities would be greater than the ICNIRP occupational reference levels. Except for maintenance personnel, human exposure would normally not be allowed at this location. In the case of occupationally required presence, protective measures such as glasses, gloves and garments could be used to reduce the exposure to within guideline levels.

CONCLUSION

The cellular mobile communication systems of the future will likely continue to have speech as an important usage as in present systems. However, their functions will be significantly enlarged by additional services such as interactive games, new information, and entertainment services such as mobile video and television. The exposure from future handsets would be lower due to less power output than in present systems but would probably last longer per use. For non-speech use, the exposure will be even lower due to greater distances of separation from the body, but will probably last longer per use. However, the bandwidth will increase and with it power fluctuations at higher and higher frequencies. It remains an open question whether non-constant power variation with time has any significant biological effect.

The popularity of cellular mobile telephones and the Internet is having a tremendous impact on future wireless communication systems. In addition to voice, Internetbased devices will use the IP and Internet addresses to establish communications between almost anything of interest. This could be communication between machines for control purposes, or communication between sensors in the environment in huge sensor networks for life, safety and environmental monitoring. Since these sensors are of low power and low energy for a battery-driven sensor to work for years at a time, exposure would be very low.

In the case of RFID, wireless communications take place between an active and a passive device. The trend in wireless communication is toward increased use of the electromagnetic spectrum, but in general at lower power levels and shorter ranges. From a health point of view, the exposures will be of lower level compared with those from the long-range systems discussed under the 2G mobile systems. A number of significant other or non-communication uses of nonionizing EM energy are emerging in the domains of transportation, energy, household appliances, and health care establishments. In contrast to communications, these applications tend to rely on higher powers and thus generate higher field strengths. However, in most situations, exposure of humans is generally restricted to lower levels. In general, the RF spectrum will be used and reused more intensively in all frequency bands; previous gaps such as intermediate frequencies will likely be filled with new applications, and the use is extended upward to even higher RFs. The experience of the cellular mobile telephone industry has demonstrated that once new technology is deployed, the adoption rate could easily explode through large-scale production and distribution. It is therefore important to be aware of the rapid development of new sources of NIR and to continue the scientific assessment on the various health aspects related to these innovations. This would include different exposure scenarios with regard to body site, duration of use, target population, and also to simultaneous exposure to complex multiple frequencies spread over a potentially large frequency range.

LIST OF TECHNICAL ACRONYMS

AC, Alternating Current
ADPCM, Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AMPS, American Mobile Phone Service in the U.S.
APC, Automatic Power Control
CDMA, Code Division Multiple Access scheme
CRC, Cyclic Redundancy Codes
DVB, Digital Video Broadcasting systems

DVB-H, DVB terrestrial television for hand-helds
 DVB-S, DVB by satellite
 DVB-T, DVB by terrestrial antennas
 EAS, Electronic Article Surveillance
 EDGE, Enhanced Data rate for GSM Evolution
 EIRP, Effective Isotropic Radiated Power
 EM, Electromagnetic
 EMF, Electromagnetic Field
 FDD, Frequency Division Duplex
 GFSK, Gaussian Frequency Shift Keying
 GPR, Ground Penetrating Radars
 GPRS, General Packet Radio Service
 GSM, Global System for Mobile Communications
 HSCSD, High-Speed Circuit Switched Data
 HSDPA, High Speed Downlink Packet Access
 HSST, Trains using resistive magnets for levitation and propulsion in Japan
 IH, Induction Heating, i-mode, overlay on Japanese PDC system to access and navigate the Web
 IMT-2000, International Mobile Telecommunications-2000
 IP, Internet Protocol
 IS-95, North American version of the Code Division Multiple Access
 ISDN, Integrated Services Digital Network
 ISM, Industrial, Scientific, and Medical bands
 MAGLEV, Magnetically Levitated Vehicle
 MIMO, Multiple-Input Multiple-Output
 MMS, Multimedia Messaging Service
 MRI, Magnetic Resonance Imaging
 NIR, Non Ionizing Radiation
 OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access
 ICNIRP Statement on EMF-emitting new technologies • ICNIRP 391
 PDA, Personal Digital Assistant
 PDC, Personal Digital Cellular system
 PSTN, Public Switched Telephone Network
 QPSK, Quadrature Phase Shift Keying
 RF, Radio Frequency
 RFID, Radio Frequency Identification Technology
 SAR, Specific Absorption Rate
 SCM, Superconducting Magnets
 SOFDMA, Scalable OFDMA
 SNR, Signal-to-Noise Ratio
 SPS, Solar Power Satellites
 TDD, Time Division Duplex
 TDMA, Time Division Multiple Access Technique
 TGV, Electrified trains (in France)
 UHF, Ultra High Frequency band
 UMTS, Universal Mobile Telecommunications System
 UTRA, combined, W-CDMA and UMTS
 UWB, Ultra-Wide-Band signals
 VVVF, Variable Voltage and Variable Frequency

W-CDMA, Wideband Coded Division Multiple Access
Wi-Fi, Wireless Fidelity, also a trademark of Wi-Fi Alliance
WiMAX, Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN, Wireless Local Area Networks
WPAN, Wireless Personal Area Networks
WPT, Wireless-Power Transmission

LIST OF ORGANIZATIONAL ACRONYMS

CEPT, European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
DECT, Digital Enhanced Cordless Telecommunication
DOE, Department of Energy in the U.S.
DOT, Department of Transportation in the U.S.
FCC, Federal Communications Commission in the U.S.
ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEC, International Electrotechnical Commission
IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISO, International Organization for Standardization
ITU, International Telecommunications Union
JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency
METI, Japan's Ministry of Economy, Trade and Industry
NASA, National Aerospace Administration in the U.S.
NMT, Nordic Mobile Telephony
NTT, Nippon Telegraph and Telephone Corporation
URSI, International Scientific Radio Union

For acknowledgement and references see <http://www.icnirp.org/documents/NewTech.pdf>

10.6 Lijst met relevante websites

10.6.1 Algemene informatie over niet-ioniserende elektromagnetische straling:

- <http://www.vito.be/milieu/milieustudies7.htm>
- <http://www.intec.rug.ac.be>
- <http://www.bbemg.ulg.ac.be>
- <http://www.who.int/peh-emf/en/>
- [Base stations & wireless networks: Exposures & health consequences \(http://www.who.int/peh-emf/meetings/base_stations_june05/en/index.html\)](http://www.who.int/peh-emf/meetings/base_stations_june05/en/index.html)
- [Fact sheet: Electromagnetic fields and public health: Electromagnetic Hypersensitivity \(http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html\)](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html)
- [WHO handbook on "Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields" \(http://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/index.html\)](http://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/index.html)
- [2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields \[pdf 791kb\] \(http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf\)](http://www.who.int/peh-emf/research/rf_research_agenda_2006.pdf)
- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs299/en/index.html>

10.6.2 Instellingen voor telecommunicatie:

- <http://www.bipt.be> (België)
- <http://www.anfr.fr> (Frankrijk)
- <http://www.ofcom.org.uk> (Verenigd Koninkrijk)

11 LITERATUURLIJST

- Ref. 1 Decat Gilbert, Deckx Leo, Meynen Guy en Polders Caroline (2006), *Blootstelling van de algemene bevolking aan 0 Hz tot 3 GHz elektromagnetische velden in bibliotheken, elektrozaak, grootwarenhuizen, luchthavens, openbaar vervoer, stations wandel- en winkelstraten. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Overheid, Departement Leefmilieu, Natuur, Energie. VITO-rapport 2006/IMS/R/210.*
- Ref. 2 Verschaeve L., Decat G. en Maes A. (2004), *Inventarisatie van blootstellingsniveaus van niet-ioniserende elektromagnetische straling voor de bevolking in Vlaanderen. DTG/OL200100709/3097/M&G.* (http://www.mina.bel/uploads/MG_Inventarisatie_van_blootstellingsniveaus_van_nis_2004.pdf).
- Ref. 3 Joseph W. en Martens L. (2006), *Blootstelling aan elektromagnetische velden in huis en gebouwen. INL/viWTA/05/A118-1*
- Ref. 4 MIRA (2003) *Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument Niet-ioniserende straling, Adang D; Decat G., Martens L., Joseph W.* <http://www.milieurapport.be>
- Ref. 5 Verwaest K. (2004), *Inventarisatie van niet-ioniserende straling veroorzaakt door verkeerscontrole van de politie voor de bevolking in Vlaanderen. Afstudeerwerk voor het bekomen van de titel van Milieukundig Ingenieur. Promotor Gilbert Decat.*
- Ref. 6 BBEMG site: www.bbemg.ulg.ac.be
- Ref. 7 Decat G., Van Den Heuvel I., Mulpas L. (2005), *Monitoring survey of the 50 Hz magnetic field for the estimation of the proportion of Belgian children exposed to the epidemiological cut-off points of 0.2, 0.3, and 0.4 microtesla. BBEMG report, June 2001 - 2005.*
- Ref. 8 Decat G., Van Den Heuvel I., Mulpas L. (2005), *Monitoring survey of the 50 Hz magnetic field for the estimation of the proportion of Belgian children exposed to the epidemiological cut-off points of 0.2, 0.3, and 0.4 microtesla. Ongoing BBEMG report, June 2005 - 2009.*
- Ref. 9 Decat G. (2005), *Modelling the residential ELF magnetic field risks of power lines and some considerations about the risks in terms of dynamic exposure. Proceedings XXVIIIth General Assembly of International Union of Radio Science (URSI). Vgihan Bhavan, New Delhi, India. October 23 – 29, 2005 pp. 157.*
- Ref. 10 Decat, G., (2001), *Relative exposure index for the relation between the personal and the stationary home magnetic field exposure close to and far away from power lines. EBFA-2001 Proceedings, pp. 136-139, September 2001*

- Ref. 11 *Committee on identification of Research Needs Relating to Potential Biological or Adverse Health Effects of Wireless Communications Devices*, National Research Council (2008). ISBN: 0-309-11296-8, 78 pages
(<http://www.nap.edu/catalog/12036.html>).
- Ref. 12 viwta (2007). Informatie op web:
http://www.viwta.be/content/nl/doc_Rapporten.cfm
- Ref. 13 Schoolfolder van “Het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid” van de Vlaamse overheid (2007), Bel Gezond en Wel. Informatie op web: www.gezondmilieu.be, www.mmk.be.
- Ref. 14 Stewart report (2000) Sir William Stewart (Chairman) *Mobile Phones and Health: A report from the Independent Expert Group on Mobile Phones*, Chilton, IEGMP Secretariat (May 2000).
- Ref. 15 SCENIHR. Scientific Committee on Emerging and Newly identified Health Risks (2007). *Possible effects of Electromagnetic fields (EMF) on Human Health*. Report of 21 March 2007.
- Ref. 16 ICNIRP (1998), *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*, Health Physics Vol. 74, No 4, pp 494-522, 1998. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>.
- Ref. 17 Ministerieel besluit van 07 mei 1987 (B.S. van 14 mei 1987) gewijzigd bij M.B. van 20 april 1988 (B.S. van 06 mei 1988).
- Ref. 18 EC Council Recommendation (1999), COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC)
- Ref. 19 Vlaamse Regering (2004), *Kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu i.v.m. het ELF magnetisch veld* (11 juni 2004: Besluit van de Vlaamse Regering houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu. B.S. 19.10.2004 p. 72555).
- Ref. 20 Belgisch Staatsblad van 070/9/1993: KB (N. 93 – 2082 van 27/8/93) i.v.m. straling van beeldschermen
- Ref. 21 SWEDAC, Swedish Board for Technical Accreditation. (1990) *User handbook for evaluating visual display units*. Stockholm. MPR 1990: 10, 1990-12-13, 1990.
- Ref. 22 KB 10 augustus 2005. Koninklijk besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz. Belgisch Staatsblad N. 2005 – 2394 (C-2005/22777) van 22 september 2005, Ed. 2, pp.41189 – 41193.
- Ref. 23 RTTE-richtlijn 1999/5/EG. Publicatie 31/10/2000. Ministerie van verkeer en infrastructuur. Koninklijk besluit betreffende radio- en eindapparatuur en de erkenning van hun conformiteit (26/09/2000). Informatie op web:
http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2000/10/31_1.pdf#Page6.

- Ref. 24 Wertheimer N. and Leeper E. (1979), *Electrical wiring configurations and childhood cancer*. *Am. J. Epidemiol.* 1979; 109(3):273-84.
- Ref. 25 Ahlbom A, Day N, Feychting M. et al (2000), *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia*. *Br. J. Cancer* 2000; 83(5):692-8
- Ref. 26 Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. (2000). *A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia*. *Epidemiology* 2000; 11(6):624-34.
- Ref. 27 van der Plas M. et al. (2001), *Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen*. RIVM-rapport 610050 007 april 2001.
- Ref. 28 van der Plas M., Houthuis DJM, Dusseldorp A., Pennders RMJ, Pruppers MJM. (2001) *Exposure to the magnetic fields from overhead power lines and childhood leukemia in the Netherlands*. EBEA 2001, 5th international Congress of the European BioElectromagnetic Association (EBEA) 6-8 September 2001, Helsinki, Finland: Proceedings.
- Ref. 29 IARC (2002), *Non-ionizing radiation, part1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 80:1-429.
- Ref. 30 Decat G., Peeters E., Smolders R., (2003), *Tijdsreeks en GIS-model om de blootstelling van de bevolking aan het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door bovengrondse hoogspanningslijnen in kaart te brengen*. VMM, MIRA/2003/05. November 2003, p. 1 – 55 (<http://www.milieurapport.be>)
- Ref. 31 Decat G., Meyen G, Peeters E., Van Esch L., Deckx L., Maris U. (2007) *Modellering en GIS-toepassing voor het bepalen van de blootstelling en het epidemiologisch risico van het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door de ondergrondse hoogspanningskabels in Vlaanderen*. Studieopdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) VITO-rapport 2007/IMS/R/426 (<http://www.milieurapport.be>).
- Ref. 32 Van Look W. (2007) *Veiligheid en gezondheid in niet-ioniserende Elektromagnetische velden en straling*. Academia Press (www.acedemiapress.be) ISBN 9789038211695. J Story-Scientia, P. Van Duyseplein 8, Gent