

TNO-onderzoeksrapport
PG/TG/00(050)

ISBN 90-5412-064-9

Storing op medische apparatuur thuis door zaktelefoons e.d. – een praktijkonderzoek.

TNO Preventie en Gezondheid

Technologie in de Gezondheidszorg

Zemikedreef 9
Postbus 2215
2301 CE Leiden

Telefoon 071 518 18 18
Fax 071 518 19 02

Datum

28 april 2000

Auteur(s)

R. Hensbroek

Opdrachtgever

Zorgonderzoek Nederland, projectnummer 28 – 2867



Het kwaliteitssysteem van
TNO Preventie en Gezondheid
voldoet aan ISO 9001.

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Projectnummer

011.50381

Aantal pagina's

52

Aantal bijlagen

5

Aantal tabellen

2

Aantal figuren

1

© 2000 TNO



Samenvatting van TNO-rapport "Storing op medische apparatuur thuis door zaktelefoons e.d. – een praktijkonderzoek", TNO/PG/TG/00.050 dd. 28 april 2000.

Resultaten in het kort

Medische apparatuur thuis bezit ongeveer dezelfde gevoeligheid voor velden van zaktelefoons als medische apparatuur in het ziekenhuis: binnen 1 a 2 m kan verstoring optreden. Een waarschuwing dat ook de extramurale apparatuur stoorgevoelig kan zijn blijft gerechtvaardigd. Wel dient een overdreven angst voor dit soort beïnvloedingen te worden vermeden. Er zijn geen aanwijzingen gevonden, dat rolstoelen door zaktelefoons van passanten worden beïnvloed (Rolstoelgebruikers kunnen als zij zelf bellen wel beter het zekere voor het onzekere nemen en hun rolstoel eerst uitschakelen). Apneu monitoren dienen op grond van buitenlandse publicaties ongevoelig(er) te worden gemaakt voor zover dat nog niet gebeurd mocht zijn. In bijsluiters bij zaktelefoons en op internet dient voor mogelijke stoorinvloeden te worden gewaarschuwd (Dit gebeurt in de meeste gevallen al op grond van publicaties uit 1995). Ook in de bijsluiters van medische apparatuur dienen waarschuwingen te worden opgenomen.

De nieuwe draft 2^e editie van de EMC norm voor medische apparatuur (van toepassing vanaf ca. 2001) schrijft voor dat fabrikanten van medische apparatuur specificeren hoe dicht draagbare en mobiele communicatie apparatuur en zaktelefoons - afhankelijk van hun zendvermogens - bij de medische apparatuur mogen komen. Het is dus zaak, dat die vermogens bekend worden gemaakt door de fabrikanten van zaktelefoons e.d. en dat daarvoor de maximale vermogens worden opgegeven. Bijlage C van het voorliggende rapport geeft daarvan voorbeelden.

Resultaten in getallen:

In totaal zijn 100 medische apparaten voor gebruik buiten het ziekenhuis onderzocht. Er is getest met GSM 2W, GSM 8W, DCS 1800, DECT en CT 0. Van de 100 onderzochte medische apparaten bleken er 42 ongevoelig voor alle toegepaste stoorbronnen. Het grootste percentage storingen deed zich voor bij de GSM 8W¹ stoorbron: 57 medische apparaten waren gevoelig. De grootste afstand waarbij storing kon worden opgewekt bedroeg 300 cm. Het betrof een luchtbevochtiger. Van de 57 apparaten, die voor GSM 8W gevoelig waren, reageerden er 19 (dat is 33 % van de 57) onveilig. Van de 37 apparaten die op GSM 2W reageerden waren er 17 onveilig (dat is 46% van 37); Op DCS 1800 reageerde 10 % van de onderzochte 39 apparaten. Op DECT (1900 MHz) reageerde 4 % van de onderzochte apparaten; op CT 0 (40 MHz) reageerde 3 % van de onderzochte apparaten. Bij alle soorten stoorbronnen deden zich ook onveilige reacties voor. Die onveilige reacties deden zich voor op alle afstanden en niet speciaal op de kortste afstanden. Bewakings- en bevochtigingsapparaten behoorden tot de gevoeligste apparaten en reageerden bovendien meestal onveilig. Diverse andere apparaten reageerden eveneens onveilig, maar wel pas op enkele cm tot enkele dm afstand (o.a. Bloedglucosemeter, Infuuspompje voor geneesmiddel, Personenalarmeringen, Rolstoelen en

¹ GSM 8W komt in Nederland niet meer voor.

Scooters). Van de 34 onderzochte rolstoelen en scooters reageerden er 13, maar wel moest daarbij de antenne van de zendende apparatuur zeer dicht bij de elektronica van de betreffende rolstoel worden gehouden.

De overige reacties kunnen als hinderlijk worden beschreven waarbij moet worden opgemerkt, dat veel hinderlijke reacties gezamenlijk wel een potentieel gevaar opleveren omdat ze de aandacht afleiden van de echte gevaren.

Waarschuwingen

Het nieuwe DCS 1800 systeem levert enkele stoorproblemen op. De algemene indruk is, dat medische apparatuur voor gebruik thuis iets minder storingsgevoelig is dan medische apparatuur in het ziekenhuis. Daar staat tegenover, dat buiten het ziekenhuis sterker storende bronnen zijn te verwachten – men denke bijvoorbeeld aan voertuigen vlak bij het raam - en ook dat geen deskundige begeleiding bij de hand is als er zich stoorproblemen voordoen. Daarom is een ernstige waarschuwing naar fabrikanten van zowel zaktelefoons als naar fabrikanten van medische apparatuur op zijn plaats. Deze waarschuwing houdt enerzijds de boodschap in, dat medische apparatuur voor thuisgebruik ongevoeliger moet worden gemaakt voor de storende velden van zaktelefoons; anderzijds moeten fabrikanten van zaktelefoons in de bijsluiters van die telefoons en op internet (blijven) waarschuwen, dat die telefoons niet moeten worden gebruikt in de nabijheid van medische apparatuur. Verder dient in bijsluiters van medische apparatuur voor mogelijke stoornisvloed te worden gewaarschuwd. Een enigszins geruststellende conclusie van het onderzoek is dat geen grote gevoeligheden bij rolstoelen zijn gevonden: enkele rolstoelen waren wel te storen, maar alleen door de antenne van het zendende apparaat zeer dicht bij de elektronica van deze rolstoelen te houden. Tenzij fabrikanten harde garanties geven dienen rolstoelgebruikers hun rolstoel in een veilige positie te brengen (uit te schakelen) voordat zij zelf met een zaktelefoon gaan bellen. Het onderzoek heeft geen aanwijzingen gevonden dat rolstoelen worden gestoord door zaktelefoons die zich op meer dan enkele dm afstand bevinden, bijvoorbeeld in de handen van passanten.

Trefwoorden

Zaktelefoon, Mobiele telefoons, Storing, GSM, medische apparatuur, ElektroMagnetische Compatibiliteit (EMC), extramuraal

Inhoud

Samenvatting	2
Inhoud	4
1 Inleiding	5
1.1 Vraagstelling van het onderzoek	5
1.2 Belang van het onderzoek	6
2 Uitvoering van het onderzoek	9
2.1 Medische apparatuur thuis	9
2.2 Zaktelefoons en andere zendende apparatuur	10
2.3 Wetmatigheid in de stoorkansen	12
3 Resultaten van het onderzoek	14
3.1 De gevoeligheid van medische apparatuur thuis	14
3.2 Vuistregels voor stoorkansen	15
3.3 Regelgeving extramuraal	16
3.4 Apneu monitoren	17
3.5 Rolstoelen	18
3.6 Waarschuwingen bij zaktelefoons	18
3.7 Waarschuwingen bij medische apparatuur	18
4 Conclusies	20
5 Ondertekening	21
Bijlage A Gedragingen van de onderzochte apparaten	22
Bijlage B Overzicht van mobiele radiotelefoniesystemen	36
Bijlage C Piekvermogens van diverse typen zaktelefoons e.d.	49
Bijlage D Apneu monitoren uit Literatuurlijst No. [5]	51
Bijlage E Literatuur	52

1 Inleiding

1.1 Vraagstelling van het onderzoek

De vraagstelling van het onderzoek luidde als volgt:

Het feit dat er steeds meer elektromedische apparatuur met de patiënt mee wordt gegeven voor thuiszorgbehandeling en het feit dat medische apparatuur in het ziekenhuis een zekere storingsgevoeligheid bezit, maken het van belang om de mogelijkheid dat medische apparatuur thuis wordt beïnvloed door elektromagnetische velden te onderzoeken. Deze beïnvloeding kan onder meer optreden door het gebruik van draadloze (radio)communicatie apparatuur. Uiteraard gaat het hier om de beïnvloeding van elektronische apparatuur.

In opdracht van het Zorgonderzoek Nederland is het voorliggende praktijkonderzoek uitgevoerd naar de mogelijke beïnvloeding van elektromedische apparatuur die door patiënten thuis kan worden gebruikt. De benaming "thuis" dient ruim te worden gezien. Het gaat eigenlijk om elektromedische apparatuur die door of bij gebruikers buiten het ziekenhuis kan worden toegepast. Dit kan dus bijvoorbeeld een rolstoel in het verkeer zijn, maar ook een insulinepomp die op het lichaam wordt gedragen. De situatie thuis onderscheidt zich van de situatie in een ziekenhuis door het ontbreken van toezicht op de gebruikte apparatuur. De gebruiker moet er van uit kunnen gaan dat de apparatuur te allen tijde goed zal functioneren.

In het onderzoek zijn de huidige en de voorzienbare toekomstige telecommunicatiemiddelen betrokken, waarbij specifiek op de doelgroep, de plaats van gebruik en de penetratiegraad is gelet.

De volgende concrete vragen zijn gesteld:

In welke mate is het nog verantwoord om complexe medisch technologische apparatuur toe te passen bij (bijvoorbeeld chronisch) zieken thuis. In hoeverre kunnen de thans geïntroduceerde bronnen van elektromagnetische velden, zoals GSM (auto)telefoons en andere ethercommunicatiesystemen medische apparatuur storen.

Welke rol spelen de huidige en in de voorzienbare toekomst te verwachten mobiele communicatiemiddelen in de thuisomgeving, mede gezien de verwachte toename van het gebruik van netwerken via de ether - straks ook via de satelliet.

Introduceert de inbouw van steeds complexere elektronische functies in medische apparatuur, gecombineerd met de explosieve penetratie van mobiele communicatiemiddelen, een reëel risico van storing bij de medische apparatuur? En in hoeverre is medische apparatuur beschermd tegen deze stoorinvloeden? Door de niet herleidbare coïncidentie is het voor leken namelijk vrijwel onmogelijk om stoorinvloeden als zodanig te herkennen en naarmate de technologie complexer wordt, wordt dit herkennen vrijwel onmogelijk.

Kwantificeer het risico van stooreffecten op medische apparatuur in de extramurale zorg, dat ontstaat door de thans ingezette explosieve penetratie van zaktelefoons en andere mobiele communicatiemiddelen in de samenleving. Kwantificeer dit risico middels laboratorium- en veldonderzoek. Doe concrete aanbevelingen voor maatregelen ter verbetering en voor nieuwe reproduceerbare testmethodieken, die toepasbaar zijn bij storingsonderzoek aan in de toekomst extramuraal toe te passen nieuwe elektromedische apparatuur.

1.2 Belang van het onderzoek

Steeds vaker worden medisch technologische voorzieningen in de thuissituatie toegepast omdat daar diverse voordelen aan verbonden zijn, zoals het zijn in de eigen omgeving, het algemeen welbevinden en niet in de laatste plaats het kostenaspect in vergelijking met intramurale zorg. In deze voorzieningen wordt steeds meer geavanceerde elektronica ingebouwd - vaak maakt juist deze elektronica de extramurale toepassing mede mogelijk. Bij het toepassen van deze medische voorzieningen in de thuissituatie wordt zelden uitvoerig verkend of een dergelijke toepassing uit het oogpunt van storingsbeïnvloeding wel verantwoord kan plaatsvinden. Bij het beoordelen van de algemene infrastructuur bij de patiënt thuis moet de invloed van eventuele storingsbronnen in de thuisomgeving worden meegenomen, want die kan nadelig zijn voor de behandeling van en de zorg voor bijvoorbeeld chronisch zieken.

Naast bekende storingsbronnen in de vorm van elektronische apparaten zoals televisie, radio en audiovisuele apparatuur en bovengenoemde telefoons zijn er thans nieuwe middelen zoals fax, magnetron, inductieve kookplaten. Ook apparaten als stofzuigers, strijkijzers, elektrische verwarmingsapparaten kunnen storingsbronnen zijn. Belangrijk is soms ook de communicatie apparatuur die voor haar functioneren velden moet genereren, zoals de omroepzenders en steunzenders van communicatiesystemen. Het feit, dat we als samenleving onvoldoende doordrongen zijn van de gevaren moge blijken uit de licenties aan zendamateurs. Het is hen toegestaan heel sterke velden te maken zolang zij hun omgeving bij storingsproblemen maar te hulp schieten. Op enkele meters afstand van de zendantenne mag de veldsterkte soms tientallen Volts per meter bedragen terwijl de norm voor ongevoeligheid van medische apparatuur slechts 3 V/m voorschrijft. Bovendien beperkt de huidige norm zich tot frequenties beneden 1000 MHz, terwijl veel communicatiemiddelen ver boven deze frequentie werken².

Nieuwe communicatiemiddelen worden in hoog tempo in gebruik genomen en dringen thans ook snel door tot particuliere gebruikers. De complexiteit van de samenleving en het steeds goedkoper worden van geavanceerde elektronische schakelingen leidt tot de huidige hoge vlucht van telecommunicatiemiddelen, welke via de ether

² Thans geldt de 1^e editie van deze norm, zoals vermeld in de Literatuurlijst in Bijlage E onder No. [9]. De 2^e editie is als draft gepubliceerd en vermeld in de Literatuurlijst No. [10].

mobiel communiceren. Of dit een gewenste ontwikkeling is staat in het onderzoek niet ter discussie; want de invoering geschiedt thans op grote schaal en niet door slechts één aanbieder, maar door een veld van onderling concurrerende aanbieders - en voor diverse leeftijdscategorieën van gebruikers inclusief jongeren. De meest bekende vormen zijn thans de ATF3- en de GSM telefoons³, zowel in een zaktelefoon versie als in mobiele (auto-gebonden) uitvoeringen.

Het feit dat zaktelefoons ook bronnen van elektromagnetisch velden zijn die (medische) apparatuur kunnen storen is onvoldoende overdacht. Typisch voor de Nederlandse omstandigheden is, dat een grote bevolkingsdichtheid en een verwachte hoge penetratiegraad van zaktelefoons gepaard gaat met een hoge dekking waardoor een relatief grote kans op "incidenten" aanwezig zou kunnen zijn.

Het bovenstaande leidt tot de gegronde vrees, dat met het toepassen van medische technologie thuis een potentieel risico wordt ingebouwd. Dat dit risico niet hypothetisch is, is gebleken uit een door TNO uitgevoerd praktijkonderzoek in instellingen voor gezondheidszorg^{4 5 6}. Bij dit onderzoek, dat heeft geleid tot voorzorgsmaatregelen in ziekenhuizen⁷, is gebleken dat ca. 49 % van de intramurale medische apparatuur gevoelig was voor de velden van GSM zaktelefoons met een zendvermogen van 2W. Het effect van de standaard 8W mobiele autotelefoon is toen niet onderzocht omdat die telefoon binnen instellingen geen reële optie is. In de extramurale situatie is de 8W⁸ mobiele autotelefoon wel degelijk een potentiële stoorbron omdat veel gebruikers zich met medische apparatuur in het verkeer begeven dan wel zich binnen enkele meters van verkeersdeelnemers kunnen bevinden – bijvoorbeeld vlak achter een raam. Meer in detail is bij het intramurale onderzoek gevonden, dat patiëntmonitoren, bloeddrukmeters, beademingsapparaten, couveuses, infuuspompen, spuitpompen en andere apparaten gevoelig waren. Van pacemakers en hoortoestellen is over de gevoeligheid zoveel bekend^{9 10 11}, dat die buiten extramuraal onderzoek kunnen blijven.

³ ATF3 = Auto TeleFoon, het derde net; is in 1999 gesloten; is of wordt in het buitenland ook gesloten (Engeland sluit in ca. 2005 het TACS net).

GSM = Global System for Mobile Communication

⁴ Invloed van 2 Watt GSM zaktelefoons op 205 medische apparaten, Literatuurlijst No. [1].

⁵ Invloed van DECT-zaktelefoons op 131 medische apparaten, Literatuurlijst No. [2].

⁶ Invloed van CT-2 zaktelefoons op 106 medische apparaten, Literatuurlijst No. [3].

⁷ VIFKA: Aanbevelingen voor het gebruik van zaktelefoons binnen instellingen voor de gezondheidszorg. Literatuurlijst No. [4].

⁸ GSM 8W komt in Nederland niet meer voor.

⁹ Irnich et al. "Electromagnetic interference of pacemakers by mobile phones". In magazine: PACE Vol. 19 (October 1996), pp. 1431-1446.

¹⁰ Schlegel et al. "Electromagnetic Compatibility of the In-Vitro Interaction of Wireless Phones with Cardiac Pacemakers". In magazine: Biomedical Instrumentation & Technology, November/December 1998, pp. 645-655.

¹¹ T.L. Fry et al. "Impact of CDMA Wireless Phone Power Output and Puncture Rate on Hearing Aid Interference Levels". In magazine: Biomedical Instrumentation & Technology, January/February 2000, pp. 29-38.

Overigens moet worden opgemerkt, dat naast de risico's van levensbedreigende storingen ook de - veel vaker optredende - ongevaarlijke maar mogelijk wel zeer hinderlijke storingen aandacht behoeven. Immers, in de thuissituatie is de gebruiker op zich zelf aangewezen: er is geen medisch of technisch personeel bij de hand, zoals in de intramurale situatie wel het geval is. Ook uit kwaliteitsoogpunt en voor de gemoedsrust van de gebruiker is het zeer ongewenst dat er "ongevaarlijke storingen" optreden.

Door de vaak niet herleidbare coïncidentie van de optredende storingen worden zij bijna nooit als stoorprobleem door betrokkenen onderkend. Zo is bijvoorbeeld pas vastgesteld, dat bepaalde apneu monitoren niet alarmeerden tengevolge van aanwezige velden van omroepzenders. De opdeling van de verantwoordelijkheden staat een eensgezinde aanpak van dit probleem door de betrokken instanties in de weg: iedere instantie is slechts verantwoordelijk voor een deel van de problematiek.

Het hier gerapporteerde onderzoek richt zich op preventie in tweede aanleg in het voorkomen van schade door het falen van apparatuur. Met name bij de schaalvergroting van de GSM toestellen is het duidelijk geworden dat hiermee een nieuw soort probleem geïntroduceerd is binnen de gezondheidszorg. De kans op gevaarlijke interferenties en hinderlijke storingen bij de patiënt thuis en op straat zal toenemen. Problemen kunnen worden verwacht bij bijvoorbeeld infusiehulpmiddelen, complexe rolstoelen en zuurstof thuis.

Hierbij zijn twee tegengestelde ontwikkelingen gaande.

Ten eerste is de industrie, aangemoedigd door het succes van de GSM toestellen, bezig met de ontwikkeling en introductie van betere/snellere communicatiesystemen. Deze systemen worden gekenmerkt door hogere frequenties; hun signalen hebben grotere bandbreedtes en andere zendkarakteristieken dan de thans gangbare systemen. Ten tweede is er duidelijke oppositie waarneembaar vanuit de medisch technologisch georiënteerde industrieën tegen nieuwe normen met zwaardere EMC eisen. Deze weerstand versterkt de EMC-problematiek, want normen lopen per definitie achter op de nieuwste ontwikkeling. Op dit moment zijn de thans toegepaste zendsignalen nog geen onderdeel van de standaard EMC-eisen en wordt er vastgehouden aan een veldsterkte-eis van 3 V/m waar met menige zender ruim overheen gegaan kan worden. De gevolgen van beide tegengestelde bewegingen zouden een hoger risico voor de patiënt kunnen inhouden.

2 Uitvoering van het onderzoek

In praktijksituaties van een aantal verhurende bedrijven werden stoorbronnen geactiveerd in de nabijheid van medische apparatuur. Er is naar gestreefd om vooral die apparatuur te onderzoeken, waarbij veiligheidsaspecten een rol spelen en tevens die typen apparaten die geregeld worden verhuurd. Rekening houdend met de mogelijkheden van de bedrijven en met de beschikbare tijd is een zo representatief mogelijke groep apparaten onderzocht. Er is in nagebootste praktijkomstandigheden gemeten omdat het noodzakelijk was om de apparatuur realistisch in werking te hebben. Waar een risico kon optreden, dat een patiënt nadelige gevolgen zou kunnen ondervinden, is met een gezonde proefpersoon gewerkt. Op sommige apparaten is middels een technische "dummy" onafhankelijk van patiënt of proefpersoon gewerkt. De betreffende bedrijven verleenden waar nodig assistentie bij de bediening van de apparaten, die uiteraard eenvoudiger functioneren dan intramurale apparatuur.

2.1 Medische apparatuur thuis

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de onderzochte medische apparaten. Deze apparaten zijn o.a. geselecteerd in overleg met organisaties, die de apparatuur verhuren of leveren. Er is nadrukkelijk voor gezorgd, dat bepaalde soorten apparaten in het onderzoek werden betrokken – onder andere rolstoelen. Nadere gegevens van de onderzochte apparaten zijn opgenomen in Bijlage A samen met hun eventuele reacties.

INFUUSPOMPJES	
Algemeen (Volumetrisch, Spuit)	2
Geneesmiddel	8
Voedings-	5
BEWAKING *)	6
BEDDEN	
Hoog/laag bedden	2
Patiënten tilliften	2
DIVERSEN	
Rolstoelen	20
Scooters	14
Medicijnvernevelaar	4
Thuisbeademing	12
Slijmzuiger	1
Dialyseapparatuur	2
Bloedglucose meters	14
Bloeddrukmeters	2

Personen alarmerings apparatuur	3
Insulinepennen	2
EMG apparaatje	1
Totaal	100

*) In deze apparaten zat Hartbewaking (ECG of puls), Ademhaling (beweging of RESP) en bloedverzadiging (SpO2) in wisselende combinaties ingebouwd.

Medische apparatuur die wordt toegepast in ambulances is niet in het onderzoek betrokken. Uiteraard wordt die apparatuur wel buiten het ziekenhuis gebruikt en in principe blootgesteld aan velden van dezelfde zaktelefoons als bij het voorliggende onderzoek zijn gebruikt. In de literatuur wordt gewaarschuwd, dat deze apparatuur soms verbetering behoeft, mede omdat het bij de toepassing van deze apparatuur altijd gaat om noodsituaties ¹².

Verder zijn pacemakers en hoortoestellen niet in het onderzoek betrokken, waarvoor hierboven reeds de motivatie is gegeven.

2.2 Zaktelefoons en andere zendende apparatuur

Het gedrag als stoorbron van zaktelefoons is slechts bekend waar het de intramurale toepassing betreft en dat aspect heeft internationaal nog steeds aandacht – zie de recente literatuur ¹³. Over zaktelefoons in de thuissituatie is niets of weinig gepubliceerd. Voor zover bekend is er op het moment van afronden van het voorliggende rapport nog geen enkele publicatie verschenen over het stoorgedrag van een groter aantal medische apparaten voor de extramurale zorg.

Er werd tijdens het onderzoek getest met de volgende typen zaktelefoons e.d.:

- GSM 900 MHz 2W
- GSM 900 MHz 8W
- DCS 1800 MHz 1W
- DECT 1900 MHz 0,25W
- CT 0 40 MHz 0,01W

In Bijlage B zijn deze en andere systemen meer in detail beschreven. In die bijlage worden ook getallen uit de literatuur geciteerd, die de hoge penetratiegraad illustreren van mobiele telefoons, inclusief een vooruitblik tot het jaar 2015. Hier wordt volstaan met de volgende toelichting:

¹² Boek van Tobisch en Imich, Literatuurlijst No. [5].

¹³ ECRI-publicatie, Literatuurlijst No. [7].

- 1) GSM 2W is in de tests betrokken omdat dit systeem op dit moment het meest gebruikt is.
- 2) GSM 8W is in de tests betrokken omdat deze versie met dit zendvermogen in de extramurale situatie als mobiel (voertuiggebonden) apparaat kan voor komen. Aan de hand van de GSM 8W is ook het verwachte verband tussen stoorkans en "zendend vermogen" geverifieerd.
- 3) DCS 1800 / 1W is sterk in opkomst. Het wordt ook wel aangeduid als GSM 1800 omdat het de vervanger/uitbreiding van het GSM systeem wordt.
- 4) DECT 0,25W is in de tests betrokken omdat dit systeem goede kans maakt om veel in gebouwen te worden toegepast.
- 5) CT 0 is in de tests betrokken als voorbeeld van een veel gebruikt systeem met een zeer laag zendvermogen, waarvan eigenlijk geen storing kan worden verwacht.

Voor een overzicht waarin veel meer radiotelefoniesystemen worden genoemd wordt verwezen naar Bijlage B. In die bijlage wordt ook aangegeven waarom een groot aantal telefoniesystemen niet in het onderzoek zijn betrokken

Portofoons e.d. zijn niet in het onderzoek betrokken. De reden hiervoor is de volgende. Er is voor gekozen om te testen met zaktelefoons die thans en in de nabije toekomst in grote getale op de markt zijn of zullen komen. Om deze reden is niet getest met portofoons en dergelijke, die veel door bewakingsdiensten, portiers, brandweer, politie e.d. worden gebruikt. Deze draagbare communicatie apparatuur heeft vanwege het hoge zendvermogen (ca. 1W tot ca. 5W) en vanwege de permanente aanwezigheid in het ziekenhuis weliswaar een grote kans om medische apparatuur te storen¹⁴ (per medisch apparaat een grotere kans dan de meeste zaktelefoons), maar het aantal van deze communicatiemiddelen zal nooit het aantal zaktelefoons dat in gebruik is/komt benaderen. Bovendien kunnen de (veelal professionele) gebruikers van portofoons e.d. vrij eenvoudig geïnstrueerd worden ten aanzien van storingsaspecten van hun apparaten en zij worden daar ook over geïnformeerd en geïnstrueerd. De zaktelefoons zijn bij het onderzoek dus beschouwd als een groter potentieel risico, dan de portofoons e.d. . Dit is als uitgangspunt gekozen voor het onderzoek. Daarbij speelde ook mee, dat het in feite geen punt van discussie is of portofoons e.d. een stoorrisico met zich mee brengen: dat is een bekend gegeven, een vaststaand feit – reeds vele jaren. Zie bijvoorbeeld een publicatie uit 1979¹⁵.

Analoge zaktelefoons zijn evenmin in het onderzoek betrokken omdat deze steeds minder zullen worden gebruikt en ook niet de hoge penetratiegraad hebben of krijgen die voor digitale zaktelefoons wordt verwacht of al geldt. De verwarrende

¹⁴ In de MDA publicatie (UK) uit 1997 (Literatuurlijst No. [8]) wordt uitvoerig gerapporteerd over de invloed van "two-way radios" met hoog zendvermogen op medische apparatuur.

¹⁵ In: Elektronik im Kraftfahrzeug, VDI Berichte 612, Oktober 1986, ISBN 3-18-090612-X, pp502-503.

discussie in de literatuur of analoge zaktelefoons nou wel of niet sterker storen dan digitale is om deze reden ook niet meer opportuun ¹⁶.

Bij de stoortproeven werden diverse zaktelefoons e.d. gebruikt. Daarbij waren de volgende voorzorgen genomen om te waarborgen, dat de stoortests representatief en vlot konden verlopen:

GSM:

Er werd bij het onderzoek gebruik gemaakt van twee GSM simulatieopstellingen, waarvan er een was uitgevoerd als dipoolantenne. Deze dipoolopstelling kon zowel op 2W als op 8W worden ingesteld. De andere simulator had een vast zendvermogen van 2W. Bij eerdere proeven is voldoende vastgesteld, dat de simulatieopstellingen dezelfde storende werking hebben als een gewone GSM telefoon. De reden om geen gewone GSM telefoon te gebruiken was de volgende: of GSM telefoons hun maximum vermogen (2 watt) ook daadwerkelijk zenden of niet, wordt vanuit het GSM netwerk geregeld. Daardoor kan een GSM telefoon tijdens stoorexperimenten niet dienen als "constante stoorbron" en zouden geen reproduceerbare meetresultaten zijn verkregen. Met de simulatieopstellingen was dit wel mogelijk.

DCS 1800:

Er werd gebruik gemaakt van een zaktelefoon, die middels een ingreep in de elektronica door de fabrikant op het vereiste vaste zendvermogen (30 dBm = 1W) was ingesteld.

DECT:

Er werd gebruik gemaakt van een DECT zaktelefoon met bijbehorend basisstation.

CT 0:

Er werd gebruik gemaakt van een CT 0 zaktelefoon met bijbehorend basisstation.

2.3 Wetmatigheid in de stoorkans

Verband tussen stoorkans en zendvermogen

Tijdens het onderzoek is nagegaan of de sterkere zaktelefoons op een grotere afstand storen, dan de zwakkere. Hoewel dit een vanzelfsprekendheid lijkt te zijn, is het toch van belang om na te gaan of de stoorafstand in de praktijk toeneemt met het vermogen van de zaktelefoon en volgens welke wetmatigheid dat gebeurt. Daardoor wordt de theoretische formule $E=7 \cdot (\sqrt{W})/d$ aan de praktijk getoetst. Dit soort toetsingen hebben hun nut en zijn algemeen gebruikelijk. Soms leveren ze verrassende uitkomsten op. Zo is onlangs door Segal e.a. gevonden, dat de veld-

¹⁶ In het boek van Tobisch en Irnich (Literatuurlijst No. [5]) wordt op pag. 97 (naar de mening van TNO onterecht) geconstateerd, dat analoge telefoons sterker storen en dat dus kennelijk het gemiddelde zendvermogen bepalend is voor de stoorkans. In de draft 2^e editie van de norm IEC 60 601-1-2 (Literatuurlijst No. [10]) wordt op pag. 66 gesteld, dat digitale zaktelefoons meer storen dan analoge (dus het omgekeerde t.o.v. Irnich). Wellicht kan deze - overigens niet meer opportune - discussie worden opgelost met behulp van de twee vuistregels in het volgende hoofdstuk van het voorliggende rapport.

sterkte van zaktelefoons in ziekenhuisruimten niet de theoretisch verwachte curve volgt, maar onder bepaalde omstandigheden hoger is en onder andere omstandigheden lager dan wat op grond van bovengenoemde theoretische "vrije veld" formule kan worden verwacht.

Verband tussen stoorkans en zendfrequentie

Een ander beoogd resultaat van deze praktische toetsing was: het vinden van een vuistregel voor de frequentie-afhankelijkheid van de stoordrempel. Hiermee wordt het volgende bedoeld: Er bestond een sterk vermoeden, dat hogere frequenties een minder storende werking hebben. Door systematisch de invloeden van de stoortelefoons die op 1800 MHz werken te vergelijken met die van de telefoons die op 900 MHz werken, kon dit vermoeden worden bevestigd. Er moet hierbij wel voor de vermogensverschillen worden gecorrigeerd, zodat alleen het effect van de verschillen in werkfrequentie wordt vergeleken.

3 Resultaten van het onderzoek

De resultaten van het onderzoek zijn in detail weergegeven in Bijlage A. Hieronder worden de hoofdzaken samengevat.

3.1 De gevoeligheid van medische apparatuur thuis

Het onderzoek heeft het volgende beeld opgeleverd ten aanzien van de stoorgevoeligheid van extramurale medische apparatuur:

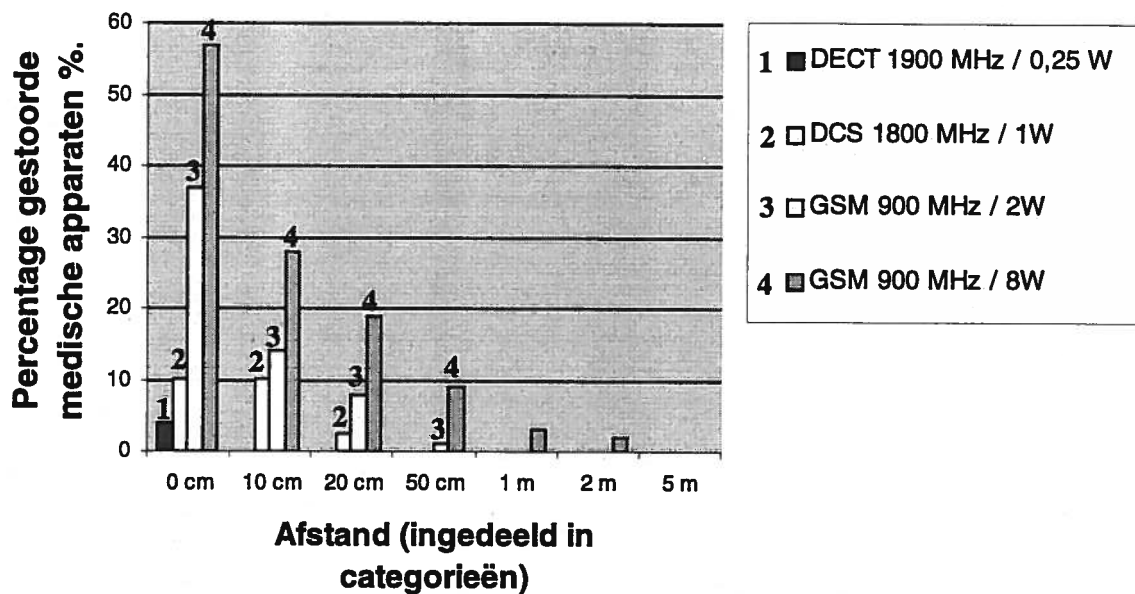
Van de 100 onderzochte medische apparaten bleken er 42 ongevoelig voor alle toegepaste stoorbronnen. Het grootste percentage storingen deed zich voor bij de GSM 8W stoorbron: 57 medische apparaten waren gevoelig. De grootste afstand waarbij storing kon worden opgewekt bedroeg 300 cm. Het betrof een luchtbevochtiger. Van de 57 apparaten, die voor GSM 8W gevoelig waren, reageerden er 19 (dat is 33 % van de 57) onveilig. Van de 37 apparaten die op GSM 2W reageerden waren er 17 onveilig (dat is 46% van 37); Op DCS 1800 reageerde 10 % van de onderzochte 39 apparaten. Op DECT (1900 MHz) reageerde 4 % van de onderzochte apparaten; op CT 0 (40 MHz) reageerde 3 % van de onderzochte apparaten. Bij alle soorten stoorbronnen deden zich ook onveilige reacties voor. Die onveilige reacties deden zich voor op alle afstanden en niet speciaal op de kortste afstanden. Bewakings- en bevochtigingsapparaten behoorden tot de gevoeligste apparaten en reageerden bovendien meestal onveilig. Diverse andere apparaten reageerden eveneens onveilig, maar wel pas op enkele cm tot enkele dm afstand (o.a. Bloedglucosemeter, Infuus pompje voor geneesmiddel, Personenalarmeringen, Rolstoelen en Scooters). Van de 34 onderzochte rolstoelen en scooters reageerden er 13, maar wel moest daarbij de antenne van de zender apparatuur zeer dicht bij de elektronica van de betreffende rolstoel worden gehouden.

Onderstaande figuur vat alle resultaten samen en kan als volgt worden toegelicht: In de figuur zijn horizontaal de afstanden uitgezet waarop storing van de medische apparatuur werd waargenomen. De verticale "paaltjes" in de figuur geven weer welk percentage medische apparaten storing ondervond op en boven de betreffende afstand. Bijvoorbeeld: Op afstanden groter of gelijk aan 10 cm werd 28% van de medische apparaten gestoord door GSM 900 MHz / 8W. In Bijlage A zijn per soort stoorbron de resultaten apart vermeld en ook in tabelvorm en in aparte figuren weergegeven. In die bijlage zijn ook de reacties van de medische apparatuur in detail weergegeven.

Stoortests met GSM 900 MHz / 2W zijn eerder verricht aan intramurale apparatuur¹⁷. 49% van de intramurale apparatuur reageerde toen. Vergelijken met de 37 % van de extramurale apparatuur die reageerde, leidt tot de conclusie, dat de thans onderzochte extramurale apparatuur ca. 20 % minder gevoelig lijkt te zijn voor GSM 2W, dan de toen onderzochte intramurale apparatuur.

¹⁷ Invloed van 2 Watt GSM zaktelefoons op 205 medische apparaten, Literatuurlijst No. [1].

Storing van zaktelefoons op medische apparatuur thuis



3.2 Vuistregels voor stoorkansen

Men kan met de volgende twee empirische vuistregels redelijk de gevonden resultaten beschrijven, zoals hieronder nader zal worden toegelicht:

De twee empirische vuistregels zijn: In het frequentiegebied van 400 tot 1800 MHz neemt de kans op storing:

- toe met de wortel uit het zendvermogen (bij een 4x zo groot zendvermogen is de kans op storing $4^{1/2} = 2$ maal zo groot).
- bij toename van de frequentie omgekeerd evenredig af (bij een verdubbeling van de frequentie halveert de kans).

Dat deze vuistregels goed opgaan voor de bij het onderzoek gevonden stoorresultaten kan men als volgt inzien aan de hand van de figuur:

GSM 8W stoort volgens de eerste vuistregel een factor $4^{1/2} = 2$ erger dan GSM 2W. Bij de verkregen resultaten (zie de figuur) is het een factor van ongeveer 1,7.

De vergelijking tussen GSM 2W en DCS 1800 / 1W levert het volgende beeld op: DCS 1800 zendt met 1W. Dat is een 2 x zo klein vermogen als GSM 2W. Dat levert volgens de eerste vuistregel een $2^{1/2} = 1,4$ x zo kleine stoorkans op. DCS 1800 zendt ook met een 2x zo hoge frequentie als GSM. Dat levert volgens de tweede vuistregel dus een 2 x zo kleine stoorkans op. Het product van deze twee factoren is $1,4 \times 2 = 2,8$. Het verschil tussen GSM 2W en DCS 1800 in de verkregen resultaten (zie figuur) is ongeveer een factor 3,5, waarbij wordt opgemerkt, dat

het aantal gevonden storingen bij DCS wat klein is (4 apparaten) waardoor geen vloeiend verlopende curve beschikbaar is voor deze analyse.

In Bijlage A wordt gedemonstreerd dat deze twee vuistregels ook redelijk opgaan voor recente resultaten uit de literatuur en ook voor de eerder gepubliceerde resultaten van TNO. De eerste vuistregel is intuïtief eenvoudig te verklaren als men bedenkt dat de veldsterkte evenredig is met $P^{1/2}$. De tweede vuistregel wordt in genoemde bijlage aannemelijk gemaakt.

WAARSCHUWING: Alvorens deze vuistregels te gebruiken voor het uitstippelen van beleid moeten ze nog nader worden getoetst. Bijvoorbeeld moet voor het binnenkort te verwachten IMT-2000 systeem (door sommigen ook wel aangeduid als UMTS) zorgvuldig worden nagegaan of de stoorkans voor dat systeem ook inderdaad afneemt omgekeerd evenredig met de toenemende frequentie, zoals op basis van de vuistregels kan worden verwacht. Bij IMT-2000 ligt de frequentie namelijk op 2,1 GHz, hetgeen boven het "bereik" ligt waar de vuistregels voorlopig lijken te gelden. Bovendien moet worden opgemerkt, dat het om "vuistregels" gaat en ook dat het om de "gemiddelde kans" gaat: het storingsgedrag van een concreet medisch apparaat kan dus aanzienlijk afwijken van deze vuistregels.

3.3 Regelgeving extramuraal

In veel ziekenhuizen in veel landen geldt een verbod op het gebruik van zaktelefoons. In de extramurale situatie kan uiteraard niet zo'n verbod gelden: daar is het gebruik van zaktelefoons min of meer een gegeven. Voor de extramurale situatie kan men alleen besluiten om niet of enigszins of heel sterk te waarschuwen dat dit gebruik storingen kan veroorzaken. Ook zou kunnen worden overwogen om voor medische apparatuur voor thuisgebruik bepaalde eisen in te voeren – al of niet op vrijwillige basis.

Omdat voor het grote publiek het ziekenhuisverbod op zaktelefoons een soort waarschuwingssignaal is dat zaktelefoons medische apparatuur kunnen storen, is het ook in verband met de extramurale situatie belangrijk om de intramurale situatie kort te bespreken.

Het argument, dat zaktelefoons geen probleem vormen omdat er geen meldingen van ongevallen zijn is geen sterk argument, want het is bekend dat incidenten in het algemeen slechts sporadisch worden gemeld; bovendien gaat het hier om EMC-storingen en die zijn heel moeilijk te herkennen en voor gebruikers meestal niet als EMC probleem onderkenbaar. Als de gebruiker al iets rapporteert dan zal hij bijvoorbeeld rapporteren dat het apparaat "stuk" was en wellicht, dat het "het daarna weer deed". Ook het feit dat zaktelefoons veelal verboden zijn in ziekenhuizen kan er de oorzaak van zijn dat er weinig incidenten zijn. Als (niet aan te raden) experiment zou men het gebruik vrij kunnen laten en kijken of er zich incidenten gaan voordoen. De mogelijkheid dat storing in de praktijk kan optreden is voldoende aangetoond om er serieus op te reageren en als men de meldingen wil onderkennen, dan zijn ze er wel – zij het niet altijd even goed gedocumenteerd als stoorprobleem. Een laatste punt dat ook mee moet tellen in deze discussie is, dat veel "onschuldige" storingen toch bijdragen tot een gevaarlijke situatie, want de aandacht van het verzorgend personeel wordt er onnodig door afgeleid.

Voor de intramurale situatie wordt o.a. door ECRI¹⁸ gesignaleerd, dat bovengenoemde beperkende maatregelen versoepeld (let wel niet "opgeheven") zouden kunnen worden. ECRI baseert zich mede op Irnich en Tobisch¹⁹. Aan laatstgenoemde publicatie zijn de volgende ook voor de extramurale situatie belangrijke punten te ontleen:

- Op afstanden ≥ 1 m waren 10 van 224 voornamelijk intramurale medische apparaten (4,5 %) gevoelig voor zaktelefoons met een zendvermogen van 0,5W en een zendfrequentie van 450 MHz.

Opmerking: ECRI analyseert Irnich en Tobisch verkeerd door te citeren, dat van 224 apparaten er 4 (2 %) interferentie ondervonden op afstanden groter dan 1 m, want het door Irnich en Tobisch genoemde aantal van 4 betreft alleen de "realistisch gevaarlijke" interferentie; als men "gevaarlijke" en "ongevaarlijke" verstoringen samen neemt vonden Irnich en Tobisch er dus 10. Dit is geverifieerd bij deze auteurs; zie ook het volgende punt.

- Bij 4 van bovengenoemde 10 apparaten was de invloed als "realistisch gevaarlijk" aan te merken. Het betrof dus 4 apparaten, die op afstanden ≥ 1 m "realistisch gevaarlijke" storingsgevoeligheid vertoonden voor 0,5W / 450 MHz zaktelefoons. Twee van deze vier apparaten waren apneu monitoren.
- Op afstanden ≥ 1 m waren 5 van 224 medische apparaten (2,2 %) gevoelig voor zaktelefoons met een zendvermogen van 2W en een zendfrequentie van 900 MHz. Bij deze 5 waren de invloeden niet gevaarlijk.

3.4 Apneu monitoren

Bij sommige apneu monitoren speelt iets heel bijzonders: de monitoren, die elektromagnetisch vaststellen of de patiënt nog ademt. Die monitoren moeten geen alarm geven als een langzaam variërend elektromagnetisch signaal aanwezig is dat het ademritme daadwerkelijk vertegenwoordigt. Er zijn apneu monitoren waarbij het alarm bij ademstilstand kon worden onderdrukt, door met een zaktelefoon langzaam op en neer te bewegen. Wanneer de patiënt niet (meer) ademt en toch een langzaam variërend extern elektromagnetisch signaal aanwezig is, geven deze monitoren dus geen alarm, terwijl dat wel zou moeten.

In het voorliggende onderzoek is bij de twee onderzochte apneu monitoren gevoeligheid gevonden op afstanden ≤ 50 cm (de nummers 6 en 7 in de tabel in Bijlage A; beiden reageerden gevaarlijk en wel op respectievelijke afstanden van 5 cm en 50 cm).

Irnich en Tobisch²⁰ hebben 4 apneu monitoren getest. Alle 4 waren ze gevoelig; 3 daarvan waren gevaarlijk – o.a. bij GSM 900 MHz / 8W en wel op de afstanden 400, 200, 200 en 50 cm. Zie de tabel in Bijlage D welke is ontleend aan de publicatie van Irnich en Tobisch.

¹⁸ ECRI-publicatie 1999, Literatuurlijst No. [7].

¹⁹ Artikel "Mobile Phones in Hospitals" January/February, Literatuurlijst No. [6].

²⁰ Boek van Tobisch en Irnich, Literatuurlijst No. [5].

3.5 Rolstoelen

Gebruikers van elektrische rolstoelen dienen o.a. via de handleiding gewaarschuwd te worden dat zij uit voorzorg beter de rolstoel uit kunnen schakelen voordat zij zelf gaan bellen. Dergelijke waarschuwingen zijn al gebruikelijk. De in de draft 2^e editie van de IEC 60 601-1-2 voorgeschreven "separation distance" dient eveneens gespecificeerd te worden. Eventueel gevoelige elektronica dient zich niet te bevinden op plaatsen waar bagage kan worden getransporteerd op de rolstoel, want in die bagage kan zich een zaktelefoon bevinden, die contact houdt met het net en die extern gebeld kan worden en dan dus storend zou kunnen werken. Bij rolstoelen die volledig immuun zijn kan concreet vermeld worden voor welke zaktelefoons (vermogen en frequentie; zie voorbeelden in Bijlage C) dit geldt.

3.6 Waarschuwingen bij zaktelefoons

Op de internet site http://www.gsmworld.com/technology/tech_faq.html wordt als volgt gewaarschuwd voor de invloed, die GSM telefoons kunnen hebben op medische apparatuur; de allerlaatste zin is gewijd aan medische apparatuur in de thuisomgeving:

Why are there so many restrictions on using mobile phones in hospitals? At short range, the radio signal from a mobile phone may cause interference with electronic medical devices. At distances greater than 2m the possibility is substantially reduced. It is possible for mobile phones to be used in designated areas of hospitals, however, you should obey any warning signs and the instructions of hospital staff. If you use electrical medical equipment in your home, we recommend that you seek the advice of your doctor or equipment supplier.

For more information please contact:

GSM Association
Avoca Court, Temple Road, Blackrock, Co. Dublin, Ireland.
Tel: +353 1 269 5922
Fax: +353 1 269 5958
Email: info@gsmworld.com
GSM Association world wide web site address:
<http://www.gsmworld.com/>

3.7 Waarschuwingen bij medische apparatuur

De draft van de 2^e editie van de norm IEC 60 601-1-2, de EMC norm voor medische apparatuur, stelt een aantal nieuwe eisen welke in de eerste editie nog niet werden gesteld. Onder andere moet in de documentatie van de medische apparatuur

vermeld worden wat de "separation distance" is die aangehouden moet worden met zaktelefoons van een bepaald vermogen. Zaktelefoons mogen niet dicht bij het medische apparaat komen. Deze separation distance moet in de documentatie worden gespecificeerd middels een formule waar het vermogen van de betreffende zaktelefoon in moet worden ingevuld. De formule biedt gebruikers dus de mogelijkheid om als het zendvermogen van een zaktelefoon bekend is uit te rekenen hoe dicht deze zaktelefoon bij het medische apparaat mag komen. Dit lijkt een verbetering ten opzichte van de eerste editie van de norm, want voor nieuwe medische apparatuur is hiermee de problematiek van het specificeren van de immuniteit van medisch apparatuur opgelost. Of het in de praktijk zal werken moet die praktijk zelf uitwijzen. De draft voor de 2^e editie hanteert als hoogste frequentie 2,5 GHz met de argumentatie dat boven deze frequentie voorlopig weinig stoorbronnen zullen opereren. Volgens de draft van de 2^e editie van de IEC 60 601-1-2 moet de modulatiemethode worden gekozen op basis van de eigenschappen van het te testen apparaat. Als het te testen apparaat bijvoorbeeld zeer lage frequenties registreert, dan moet het stoorveld dus ook met die zeer lage frequenties worden gemoduleerd.

Tevens eist de draft 2^e editie voor vitale apparatuur, "life supporting equipment" genoemd, een immuniteitsniveau van 10 V/m. Voor de overige apparatuur (waar veel apparatuur voor thuiszorg in valt) blijft de eis 3 V/m. Bovengenoemde separation distance is mede geënt op deze 3 respectievelijk 10 V/m. Overigens gelden voor bepaalde medische apparaten specifieke normen met andere veldsterkten. Dit is onder andere het geval voor rolstoelen.

De draft 2^e editie van de 601-1-2 gaat met het invoeren van een separation distance wel voorbij aan het feit dat ongeveer de helft van alle medische apparaten ongevoelig is voor zaktelefoons – ook als de antenne van die zaktelefoons tegen het medische apparaat wordt gehouden, dus ook op een "separation distance" van 0 cm. Over deze tekortkoming in de draft zou eenvoudig kunnen worden heengegapt door in de handleiding van die medische apparatuur expliciet te claimen, dat de apparatuur ongevoelig is voor de velden van zaktelefoons. Voor apparatuur waar zaktelefoons reëel gesproken tegenaan gehouden kunnen worden (bijvoorbeeld rolstoelen) lijkt dit een gewenste optie. Anderzijds is het wellicht verstandig om voor apparatuur waar geen zaktelefoon bij in de buurt hoeft te komen altijd enige reserve in te bouwen en ook als deze medische apparatuur volledig ongevoelig is toch een minimale separation distance te specificeren in de handleiding.

4 Conclusies

Resultaten in het kort

Medische apparatuur thuis bezit ongeveer dezelfde gevoeligheid voor velden van zaktelefoons als medische apparatuur in het ziekenhuis: binnen 1 a 2 m kan verstoring optreden. Een waarschuwing dat ook de extramurale apparatuur stoorgevoelig kan zijn blijft gerechtvaardigd. Wel dient een overdreven angst voor dit soort beïnvloedingen te worden vermeden. Er zijn geen aanwijzingen gevonden, dat rolstoelen door zaktelefoons van passanten worden beïnvloed (Rolstoelgebruikers kunnen als zij zelf bellen wel beter het zekere voor het onzekere nemen en hun rolstoel eerst uitschakelen). Apneu monitoren dienen op grond van buitenlandse publicaties ongevoelig(er) te worden gemaakt voor zover dat nog niet gebeurd mocht zijn. In bijsluiters bij zaktelefoons en op internet dient voor mogelijke stoorinvloeden te worden gewaarschuwd (Dit gebeurt in de meeste gevallen al op grond van publicaties uit 1995). Ook in de bijsluiters van medische apparatuur dienen waarschuwingen te worden opgenomen.


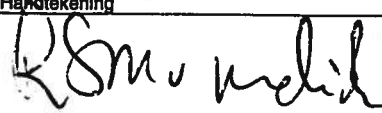
De nieuwe draft 2^e editie van de EMC norm voor medische apparatuur (van toepassing vanaf ca. 2001) schrijft voor dat fabrikanten van medische apparatuur specificeren hoe dicht draagbare en mobiele communicatie apparatuur en zaktelefoons - afhankelijk van hun zendvermogens - bij de medische apparatuur mogen komen. Het is dus zaak, dat die vermogens bekend worden gemaakt door de fabrikanten van zaktelefoons e.d. en dat daarvoor de maximale vermogens worden opgegeven. Bijlage C van het voorliggende rapport geeft daarvan voorbeelden.

Waarschuwingen

Het nieuwe DCS 1800 systeem levert enkele stoorproblemen op. De algemene indruk is, dat medische apparatuur voor gebruik thuis iets minder storingsgevoelig is dan medische apparatuur in het ziekenhuis. Daar staat tegenover, dat buiten het ziekenhuis sterker storende bronnen zijn te verwachten – men denke bijvoorbeeld aan voertuigen vlak bij het raam - en ook dat geen deskundige begeleiding bij de hand is als er zich stoorproblemen voordoen. Daarom is een ernstige waarschuwing naar fabrikanten van zowel zaktelefoons als naar fabrikanten van medische apparatuur op zijn plaats. Deze waarschuwing houdt enerzijds de boodschap in, dat medische apparatuur voor thuisgebruik ongevoeliger moet worden gemaakt voor de storende velden van zaktelefoons; anderzijds moeten fabrikanten van zaktelefoons in de bijsluiters van die telefoons en op internet (blijven) waarschuwen, dat die telefoons niet moeten worden gebruikt in de nabijheid van medische apparatuur. Verder dient in bijsluiters van medische apparatuur voor mogelijke stoorinvloeden te worden gewaarschuwd. Een enigszins geruststellende conclusie van het onderzoek is dat geen grote gevoeligheden bij rolstoelen zijn gevonden: enkele rolstoelen waren wel te storen, maar alleen door de antenne van het zendende apparaat zeer dicht bij de elektronica van deze rolstoelen te houden. Tenzij fabrikanten harde garanties geven dienen rolstoelgebruikers hun rolstoel in een veilige

positie te brengen (uit te schakelen) voordat zij zelf met een zaktelefoon gaan bellen. Het onderzoek heeft geen aanwijzingen gevonden dat rolstoelen worden gestoord door zaktelefoons die zich op meer dan enkele dm afstand bevinden, bijvoorbeeld in de handen van passanten.

5 Ondertekening

Auteur(s)	Handtekening
ir. R. Hensbroek, Manager Veiligheid en EMC	
Interne beoordeling door	Handtekening
Drs. R.G.M. van Melick, apotheker Hoofd Sector Testen en Beoordelen	

Bijlage A Gedragingen van de onderzochte apparaten

A.1	Alle resultaten in één tabel.....	22
A.2	Per stoorbron geordend op de afstand waarop reactie optrad.	28
	GSM 900 MHz / 2W.....	29
	GSM 900 MHz / 8W.....	30
	DCS 1800 MHz / 1W	31
	DECT 1900 MHz / 0,25W	32
	CT 0 40 MHz / 0,01W	33
A.3	Analyse van eerdere resultaten.....	34

In deze bijlage zijn alle reacties van de onderzochte medische apparaten opgenomen. Ook de afstand waarop de reacties optraden is vermeld. De gevonden resultaten worden ook geanalyseerd.

A.1 Alle resultaten in één tabel

De tabel op de volgende pagina's bevat alle resultaten van het onderzoek: alle geteste medische apparaten zijn vermeld alsmede alle gebruikte stoorbronnen. Per medisch apparaat en per stoorbron zijn de gevonden stoorinvloeden vermeld. De tabel bevat de afstand in cm van de antenne tot het medische apparaat, waarbinnen de in de noten onder de tabel beschreven beïnvloeding optrad. Bij geen beïnvloeding staat in de tabel een letter **n** vermeld (**n** = nee; geen beïnvloeding). Een liggend streepje (-) in de tabel betekent, dat het betreffende medische apparaat niet met de betreffende stoorbron is getest. Als de beïnvloeding in de praktijk aanleiding had gegeven tot een Onveilige situatie, dan is achter de afstand de letter **O** vermeld (**O** = Onveilig) in de tabel. Middels noten is de aard van de beïnvloeding meer in detail beschreven.

Opmerking: Als er geen enkele beïnvloeding was, dan is uiteraard ook getest op 0 cm, maar omdat er op geen enkele afstand invloed was is er ook geen enkele afstand vermeld. Als invloed wel optrad, maar alleen op 0 cm, dan is uiteraard "0 cm" vermeld.

Opmerking: Als invloed alleen optrad op korte afstand van het onderzochte apparaat (kort ten opzichte van de afmetingen van het apparaat), dan werd tijdens het onderzoek ook de locatie op het onderzochte apparaat genoteerd waar de beïnvloeding optrad. Deze locatie is echter korthedshalve niet in het rapport opgenomen.

Opmerking: De voetnoten gelden voor alle op het apparaat gevonden invloeden zoals ze per rij van onderstaande tabel zijn vermeld. In de weinige gevallen, dat de invloeden per kolom verschilden zijn in de betreffende rij meerdere voetnoten vermeld, te weten in elke betreffende kolom een voetnoot.

Nr.	Medisch apparaat	GSM sim 2W	GSM dipool 2W	GSM dipool 8W	DCS 1800 1W	DECT 0,25W	CT 0 0,01W
1	Beademing/H ₂ O ¹	20 cm: O	20 cm: O	50 cm: O	-	n	n
2	Beademing/H ₂ O ²	30 cm: O	30 cm: O	200 cm: O	-	n	n
3	Beademing/H ₂ O ³	30 cm: O	2 cm: O	10 cm: O	-	n	n
4	Beademing/H ₂ O ⁴	20 cm: O	20 cm: O	100 cm: O	-	n	0 cm: O
5	Beademing/H ₂ O ⁵	50 cm: O	100 cm: O	300 cm: O	-	0 cm: O	10 cm: O
6	Bewaking ademhaling ⁶	n	n	5 cm: O	-	n	n
7	Bewaking ademhaling ⁷	0 cm: O	10 cm: O	50 cm: O	-	n	n
8	Bewaking SpO ₂ ⁸	n	n	0 cm	-	n	n
9	Bewaking SpO ₂ /ademhaling	n	n	n	-	n	n
10	Bewaking SpO ₂ /ademhaling	n	n	n	-	n	n
11	Bewaking SpO ₂ /ademhaling ⁹	0 cm: O	0 cm: O	10 cm: O	-	n	n
12	Bloeddruk meter ¹⁰	n	n	5 cm	n	n	n
13	Bloeddruk meter	n	n	n	n	n	n
14	Bloedglucose-meter	3 cm ¹¹	3 cm: O ¹²	30 cm ¹³	-	n	n
15	Bloedglucose-meter	30 cm: O ¹⁴	20 cm ¹⁵	55 cm ¹⁶	10 cm ¹⁷	n	n
16	Bloedglucose-meter ¹⁸	1 cm	1 cm	10 cm	-	n	n
17	Bloedglucose-meter ¹⁹	n	n	3 cm	-	n	n
18	Bloedglucose-meter ²⁰	3 cm	n	n	-	n	n
19	Bloedglucose-meter ²¹	5 cm	5 cm	5 cm	-	n	n

¹ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

² Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

³ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

⁴ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

⁵ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

⁶ Geeft geen alarm bij bewegende zaktelefoon

⁷ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

⁸ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁹ Werking verstoord; alarm schakelt niet in.

¹⁰ Geen meting; foutmelding op display.

¹¹ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹² Foutieve meetwaarde.

¹³ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹⁴ Foutieve meetwaarde.

¹⁵ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹⁶ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹⁷ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹⁸ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

¹⁹ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁰ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²¹ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

Nr.	Medisch apparaat	GSM sim 2W	GSM dipool 2W	GSM dipool 8W	DCS 1800 1W	DECT 0,25W	CT 0 0,01W
20	Bloedglucosemeter ²²	10 cm	10 cm	40 cm	-	n	n
21	Bloedglucosemeter ²³	10 cm	10 cm	50 cm	-	2 cm	n
22	Bloedglucosemeter ²⁴	3 cm	2 cm	5 cm	-	n	n
23	Bloedglucosemeter ²⁵	3 cm	3 cm	8 cm	-	n	n
24	Bloedglucosemeter ²⁶	5 cm	5 cm	10 cm	-	n	n
25	Bloedglucosemeter ²⁷	5 cm	n	12 cm	-	n	n
26	Bloedglucosemeter ²⁸	n	n	3 cm	-	n	n
27	Bloedglucosemeter ²⁹	n	n	10 cm	-	n	n
28	Dialyseapparaat	n	n	n	-	n	n
29	Dialyseapparaat ³⁰	10 cm	10 cm	25 cm	-	0 cm	n
30	EMG apparaatje	n	n	n	n	n	n
31	Hoog/laag bed ³¹	0 cm	0 cm	15 cm	n	n	n
32	Hoog/laag bed ³²	0 cm	0 cm	30 cm	n	n	n
33	Infuus pomp	n	0 cm ³³	5 cm ³⁴	-	n	n
34	Infuus pomp ³⁵	10 cm	10 cm	30 cm	-	0 cm	n
35	Infuus pomp (geneesmiddel)	n	n	n	-	n	n
36	Infuus pomp (geneesmiddel)	n	n	n	-	n	n
37	Infuus pomp (geneesmiddel)	n	n	n	-	n	n
38	Infuus pomp (geneesmiddel)	n	n	n	-	n	n
39	Infuus pomp (geneesmiddel)	n	n	n	-	n	n
40	Infuus pomp (geneesmiddel) ³⁶	n	n	5 cm	-	n	n
41	Infuus pomp (geneesmiddel) ³⁷	n	n	0 cm	-	n	n

²² Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²³ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁴ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁵ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁶ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁷ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁸ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

²⁹ Foutmelding of display verstoord; gebruiker moet bepaling opnieuw doen.

³⁰ Werking stopt; akoestisch + visueel alarm + foutmelding; uit- en aanzetten + opnieuw instellen/opstarten is nodig.

³¹ Niet meer bedienbaar; akoestisch alarm.

³² Niet meer bedienbaar; geen alarm, maar een relais klappert hoorbaar.

³³ Vals alarm; werking niet beïnvloed.

³⁴ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

³⁵ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

³⁶ Werking stopt; akoestisch + visueel alarm + foutmelding; uit- en aanzetten + opnieuw instellen/opstarten is nodig.

Nr.	Medisch apparaat	GSM sim 2W	GSM dipool 2W	GSM dipool 8W	DCS 1800 1W	DECT 0,25W	CT 0 0,01W
42	Infuus pomp (geneesmiddel) ³⁸	n	n	5 cm: O	-	n	n
43	Insuline pen	n	n	n	n	n	n
44	Insuline pen	n	n	n	n	n	n
45	Luchtbevochtiger ³⁹	n	n	5 cm	-	n	n
46	Medicijn vernevelaar	n	n	n	-	n	n
47	Medicijn vernevelaar	n	n	n	-	n	n
48	Medicijn vernevelaar ⁴⁰	n	n	10 cm	-	n	n
49	Medicijn vernevelaar ⁴¹	n	n	0 cm	-	n	n
50	Patiënten tillift	n	n	n	n	n	n
51	Patiënten tillift	n	n	n	n	n	n
52	Personen-alarmering ⁴²	20 cm: O	30 cm: O	35 cm: O	15 cm: O	n	n
53	Personen-alarmering ⁴³	20 cm: O	20 cm: O	30 cm: O	10 cm: O	n	n
54	Personen-alarmering ⁴⁴	40 cm: O	20 cm: O	50 cm: O	30 cm: O	n	n
55	Rolstoel	n	n	n	-	n	n
56	Rolstoel	n	1 cm ⁴⁵	2 cm: O ⁴⁶	-	n	n
57	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
58	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
59	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
60	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
61	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
62	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
63	Rolstoel	0 cm ⁴⁷	0 cm ⁴⁸	5 cm: O ⁴⁹	n	n	n
64	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
65	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
66	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
67	Rolstoel	n	n	n	n	n	n

³⁷ Werking stopt; akoestisch + visueel alarm + foutmelding; uit- en aanzetten + opnieuw instellen/opstarten is nodig.

³⁸ Zeer kort of geen alarm; werking wordt beïnvloed.

³⁹ Display wordt verstoord; apparaat geeft piepje en stelt zich opnieuw in; blijft goed functioneren.

⁴⁰ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁴¹ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁴² Geen spreek/luister verbinding door sterke bromtoon. Na wegnemen van de storing wordt de hulppost alsnog gebeld.

⁴³ Geen spreek/luister verbinding door sterke bromtoon. Na wegnemen van de storing wordt de hulppost alsnog gebeld.

⁴⁴ Geen spreek/luister verbinding door sterke bromtoon.

⁴⁵ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁴⁶ Remmen deblokkeren in stilstand.

⁴⁷ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁴⁸ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁴⁹ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

Nr.	Medisch apparaat	GSM sim 2W	GSM dipool 2W	GSM dipool 8W	DCS 1800 1W	DECT 0,25W	CT 0 0,01W
68	Rolstoel	n	n	n	n	n	n
69	Rolstoel ⁵⁰	n	n	3 cm: O	-	n	n
70	Rolstoel ⁵¹	n	n	1 cm	-	n	n
71	Rolstoel ⁵²	n	n	1 cm	-	n	n
72	Rolstoel ⁵³	n	n	2 cm: O	-	n	n
73	Rolstoel ⁵⁴	1 cm	2 cm	5 cm	-	n	n
74	Rolstoel ⁵⁵	n	n	2 cm	-	n	n
75	Scooter	n	n	n	n	n	n
76	Scooter	n	n	n	n	n	n
77	Scooter	n	n	n	n	n	n
78	Scooter	n	n	n	n	n	n
79	Scooter	n	n	n	n	n	n
80	Scooter	n	n	n	n	n	n
81	Scooter	5 cm: O ⁵⁶	5 cm ⁵⁷	20 cm: O ⁵⁸	n	n	n
82	Scooter	n	n	n	n	n	n
83	Scooter	n	n	n	n	n	n
84	Scooter	5 cm: O ⁵⁹	5 cm ⁶⁰	5 cm: O ⁶¹	n	n	n
85	Scooter ⁶²	1 cm	1 cm	1 cm	n	n	n
86	Scooter ⁶³	n	2 cm: O	15 cm: O	n	n	n
87	Scooter ⁶⁴	n	0 cm: O	25 cm: O	n	n	n
88	Scooter ⁶⁵	n	n	0 cm	n	n	n
89	Slijmzuiger (neussonde)	n	n	n	-	n	n
90	Voedingspomp	n	n	n	-	n	n
91	Voedingspomp ⁶⁶	n	n	0 cm	-	n	n
92	Voedingspomp ⁶⁷	n	n	0 cm	-	n	n
93	Voedingspomp ⁶⁸	0 cm	0 cm	0 cm	-	n	n

⁵⁰ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁵¹ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁵² Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁵³ Motor stopt.

⁵⁴ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁵⁵ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁵⁶ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁵⁷ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁵⁸ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁵⁹ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁶⁰ Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁶¹ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁶² Geringe snelheidsverlaging en/of invloed op de verlichting, de richtingaanwijzers of de indicatoren voor de gebruiker.

⁶³ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁶⁴ Sterke snelheidsverhoging en/of richtingverandering.

⁶⁵ Een relais schakelt; geen gevolgen voor gebruiker.

⁶⁶ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁶⁷ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁶⁸ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

Nr.	Medisch apparaat	GSM sim 2W	GSM dipool 2W	GSM dipool 8W	DCS 1800 1W	DECT 0,25W	CT 0 0,01W
94	Voedingspomp ⁶⁹	n	n	0 cm	-	n	n
95	Zuurstof concentrator	n	n	n	-	n	n
96	Zuurstof concentrator	n	n	n	-	n	n
97	Zuurstof concentrator	n	n	n	-	n	n
98	Zuurstof concentrator	n	n	n	-	n	n
99	Zuurstof concentrator ⁷⁰	0 cm	5 cm	20 cm	-	n	n
100	Zuurstof gehalte meter ⁷¹	15 cm	15 cm	50 cm	-	n	15 cm

⁶⁹ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁷⁰ Akoestisch en/of visueel alarm; werking of instelling wordt beïnvloed; uit/aanzetten meestal nodig.

⁷¹ Display verstoord

A.2 Per stoorbron geordend op de afstand waarop reactie optrad.

In deze paragraaf zijn alle geteste medische apparaten geordend op de afstand waarop ze reageerden. Dit is per stoorbron gedaan. Achter apparaten die niet reageerden staat een letter "n", zoals ook in de verzameltabel in de vorige paragraaf het geval was. Onderstaande tabellen zijn steeds kopieën van een kolom van de tabel in de vorige paragraaf. In onderstaande tabellen is steeds gesorteerd op de afstand waarop invloed optrad: Het medische apparaat dat het meest gevoelig was voor de betreffende stoorbron staat steeds bovenaan. Voorbeeld: Apparaten 5 en 2 waren het meest gevoelig voor zowel GSM 2W als voor GSM 8W – zie de tabel in de vorige paragraaf. In onderstaande tabellen voor GSM 2W en voor GSM 8W staan dus de apparaten 5 en 2 bovenaan, geordend op hun stoorafstanden. Onder de tabellen zijn de resultaten steeds ook in een figuur weergegeven. De figuren hebben een een-op-een relatie met de tabellen waar ze onder staan. De exponentiële curven in de figuren zijn de best passende exponentiële curve door de getekende paaltjes, waarbij op de horizontale as de getallen 0,1,2,3,4,5 en 6 zijn gedacht (het paaltje bij "0 cm" hoort dus bij $\exp(0)$). De exponentiële curven hebben alleen een visuele ondersteunende functie; er is niet mee gerekend.

GSM 900 MHz / 2W

Voor GSM 2W is de gemiddelde afstand genomen van de twee toegepaste simulatoren, te weten de 2W GSM simulator en de 2W GSM dipool. Deze afstanden waren voor de twee simulatoren vrijwel gelijk. De (kleine) verschillen die er waren blijken uit de eerste twee kolommen van de grote tabel aan het begin van deze bijlage.

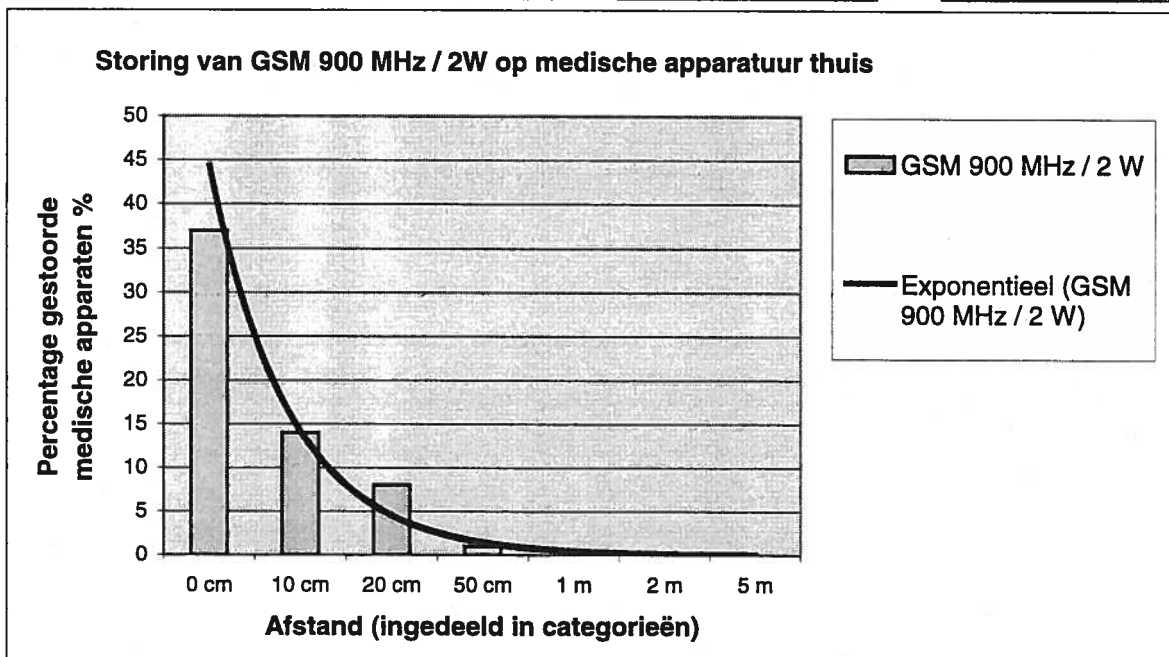
GSM		
900 MHz / 2W		

5	75 cm: O	1
2	30 cm: O	
54	30 cm: O	
15	25 cm: O	
52	25 cm: O	
1	20 cm: O	
4	20 cm: O	
53	20 cm: O	8
3	15 cm: O	
100	15 cm	
20	10 cm	
21	10 cm	
29	10 cm	
34	10 cm	14
7	5 cm: O	
19	5 cm	
24	5 cm	
25	5 cm	
81	5 cm: O	
84	5 cm: O	
14	3 cm	
18	3 cm	
22	3 cm	
23	3 cm	
99	3 cm	

73	2 cm	
86	2 cm: O	
16	1 cm	
56	1 cm	
85	1 cm	
11	0 cm: O	
31	0 cm: O	
32	0 cm: O	
33	0 cm	
63	0 cm	
87	0 cm: O	
93	0 cm	37
6	n	
8	n	
9	n	
10	n	
12	n	
13	n	
17	n	
26	n	
27	n	
28	n	
30	n	
35	n	
36	n	

37	n	
38	n	
39	n	
40	n	
41	n	
42	n	
43	n	
44	n	
45	n	
46	n	
47	n	
48	n	
49	n	
50	n	
51	n	
55	n	
57	n	
58	n	
59	n	
60	n	
61	n	
62	n	
64	n	
65	n	
66	n	

67	n	
68	n	
69	n	
70	n	
71	n	
72	n	
74	n	
75	n	
76	n	
77	n	
78	n	
79	n	
80	n	
82	n	
83	n	
88	n	
89	n	
90	n	
91	n	
92	n	
94	n	
95	n	
96	n	
97	n	
98	n	



GSM 900 MHz / 8W

GSM		
900 MHz / 8W		

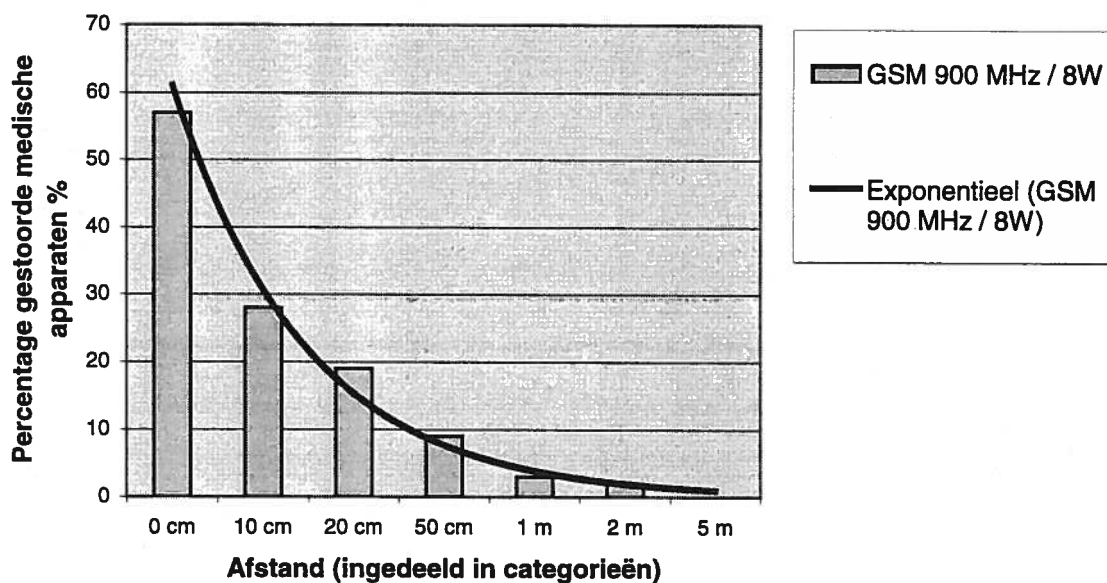
5	300 cm: O	
2	200 cm: O	2
4	100 cm: O	3
15	55 cm	
1	50 cm: O	
7	50 cm: O	
21	50 cm	
54	50 cm: O	
100	50 cm	9
20	40 cm	
52	35 cm: O	
14	30 cm	
32	30 cm	
34	30 cm	
53	30 cm: O	
29	25 cm	
87	25 cm: O	
81	20 cm: O	
99	20 cm	19
31	15 cm	
86	15 cm: O	
25	12 cm	
3	10 cm: O	
11	10 cm: O	
16	10 cm	

24	10 cm	
27	10 cm	
48	10 cm	28
23	8 cm	
6	5 cm	
19	5 cm	
22	5 cm	
33	5 cm	
40	5 cm	
42	5 cm: O	
45	5 cm	
73	5 cm	
63	5 cm: O	
84	5 cm: O	
12	5 cm	
17	3 cm	
26	3 cm	
69	3 cm: O	
56	2 cm: O	
72	2 cm: O	
74	2 cm	
70	1 cm	
71	1 cm	
85	1 cm	
8	0 cm	

41	0 cm	
49	0 cm	
88	0 cm	
91	0 cm	
92	0 cm	
93	0 cm	
94	0 cm	57
9	n	
10	n	
13	n	
18	n	
28	n	
30	n	
35	n	
36	n	
37	n	
38	n	
39	n	
43	n	
44	n	
46	n	
47	n	
50	n	
51	n	
55	n	

57	n	
58	n	
59	n	
60	n	
61	n	
62	n	
64	n	
65	n	
66	n	
67	n	
68	n	
75	n	
76	n	
77	n	
78	n	
79	n	
80	n	
82	n	
83	n	
89	n	
90	n	
95	n	
96	n	
97	n	
98	n	

Storing van GSM 900 MHz / 8W op medische apparatuur thuis



DCS 1800 MHz / 1W

DCS 1800
1800 MHz / 1W

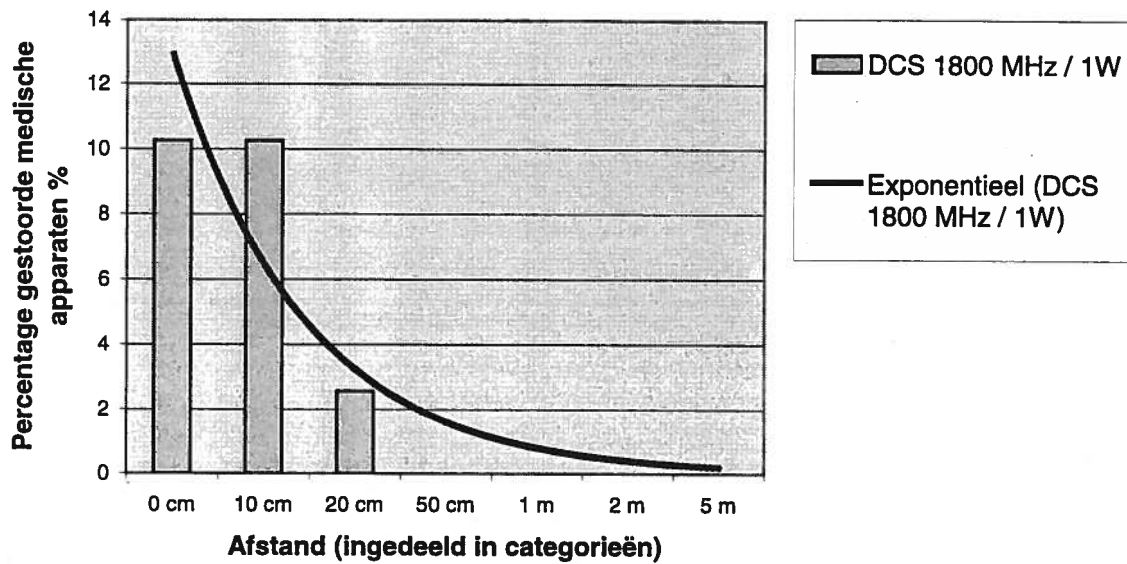
54	30 cm: O
52	15 cm: O
15	10 cm
53	10 cm: O
12	n
13	n
30	n
31	n
32	n
43	n

44	n
50	n
51	n
57	n
58	n
59	n
60	n
61	n
62	n
63	n

64	n
65	n
66	n
67	n
68	n
75	n
76	n
77	n
78	n
79	n

80	n
81	n
82	n
83	n
84	n
85	n
86	n
87	n
88	n

Storing van DCS 1800 MHz / 1W op medische apparatuur thuis



DECT 1900 MHz / 0,25W

DECT	
1900 MHz / 0,25W	

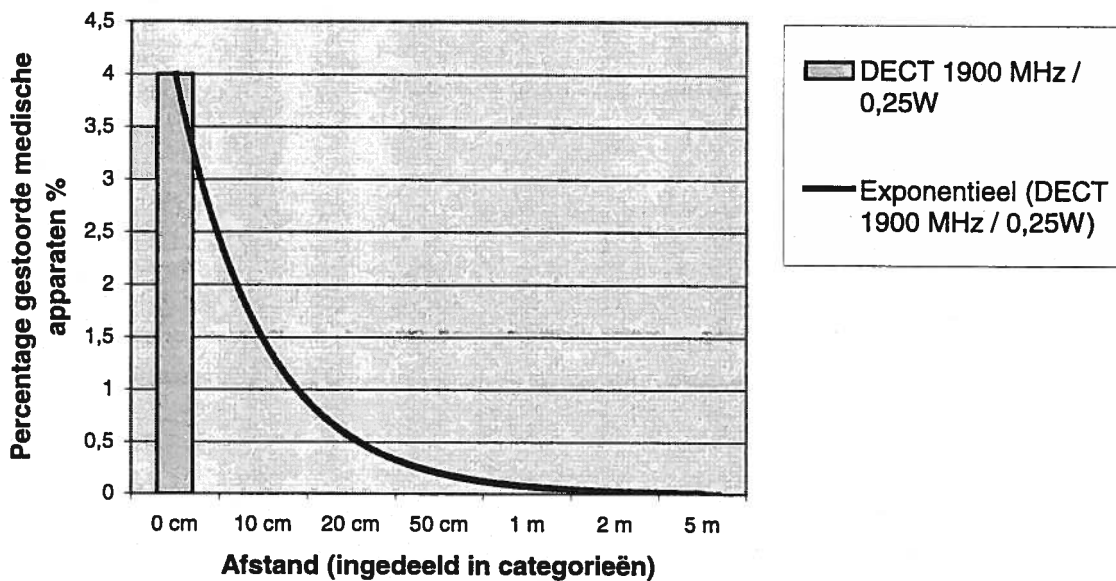
21	2 cm
5	0 cm: O
29	0 cm
34	0 cm
1	n
2	n
3	n
4	n
6	n
7	n
8	n
9	n
10	n
11	n
12	n
13	n
14	n
15	n
16	n
17	n
18	n
19	n
20	n
22	n
23	n

24	n
25	n
26	n
27	n
28	n
30	n
31	n
32	n
33	n
35	n
36	n
37	n
38	n
39	n
40	n
41	n
42	n
43	n
44	n
45	n
46	n
47	n
48	n
49	n
50	n

51	n
52	n
53	n
54	n
55	n
56	n
57	n
58	n
59	n
60	n
61	n
62	n
63	n
64	n
65	n
66	n
67	n
68	n
69	n
70	n
71	n
72	n
73	n
74	n
75	n

76	n
77	n
78	n
79	n
80	n
81	n
82	n
83	n
84	n
85	n
86	n
87	n
88	n
89	n
90	n
91	n
92	n
93	n
94	n
95	n
96	n
97	n
98	n
99	n
100	n

Storing van DECT 1900 MHz / 0,25W op medische apparatuur thuis



CT 0 40 MHz / 0,01W

CT 0	
40 MHz / 0,01W	

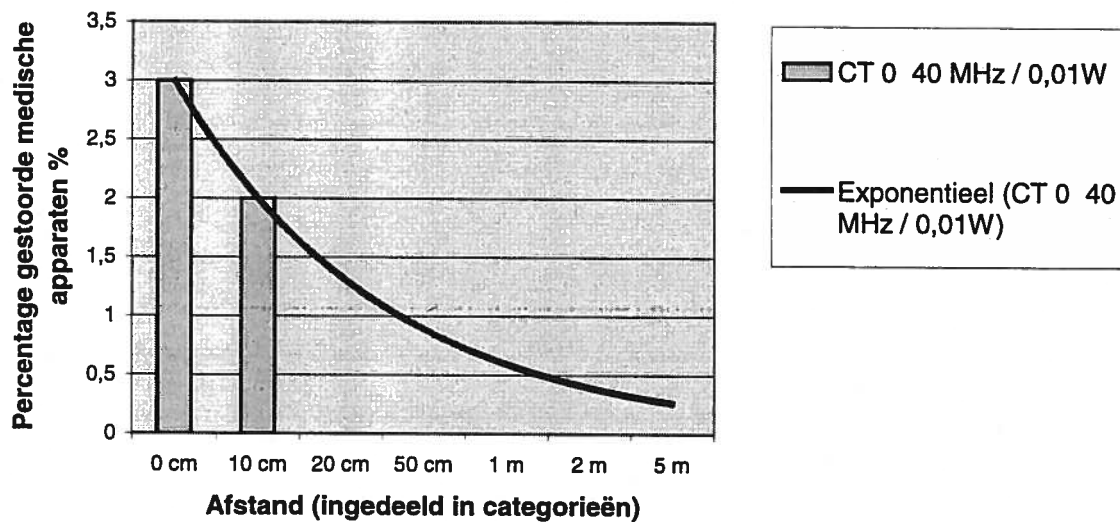
100	15 cm
5	10 cm: O
4	0 cm: O
1	n
2	n
3	n
6	n
7	n
8	n
9	n
10	n
11	n
12	n
13	n
14	n
15	n
16	n
17	n
18	n
19	n
20	n
21	n
22	n
23	n
24	n

25	n
26	n
27	n
28	n
29	n
30	n
31	n
32	n
33	n
34	n
35	n
36	n
37	n
38	n
39	n
40	n
41	n
42	n
43	n
44	n
45	n
46	n
47	n
48	n
49	n

50	n
51	n
52	n
53	n
54	n
55	n
56	n
57	n
58	n
59	n
60	n
61	n
62	n
63	n
64	n
65	n
66	n
67	n
68	n
69	n
70	n
71	n
72	n
73	n
74	n

75	n
76	n
77	n
78	n
79	n
80	n
81	n
82	n
83	n
84	n
85	n
86	n
87	n
88	n
89	n
90	n
91	n
92	n
93	n
94	n
95	n
96	n
97	n
98	n
99	n

Storing van CT 0 40 MHz / 0,01W op medische apparatuur thuis



A.3 Analyse van eerdere resultaten

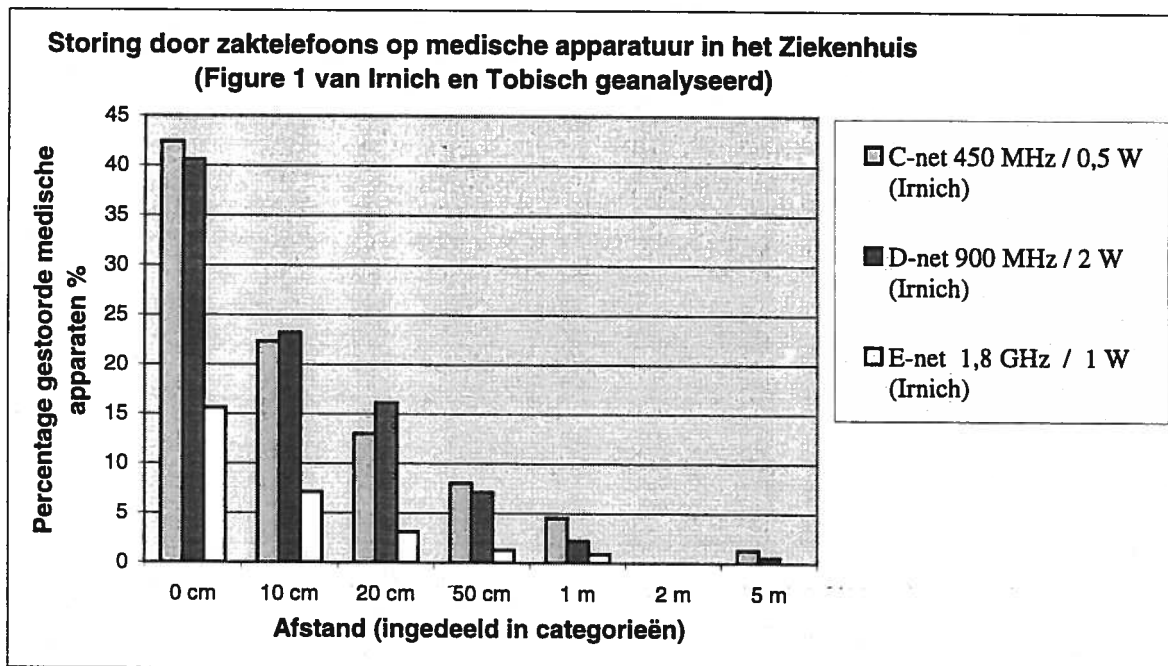
ECRI ⁷² merkt op, dat Irnich en Tobisch ⁷³ gemiddeld bij 900 MHz zaktelefoons 3 maal zo veel invloed ("kans op storing") vonden als bij 1800 MHz zaktelefoons, maar ECRI zet deze analyse niet voort. Doet men dat wel, dan worden de gevonden resultaten inzichtelijker dan ze op het eerste oog lijken.

In deze paragraaf worden de volgende twee empirische vuistregels toegelicht, waarmee onafhankelijk van elkaar gepubliceerde stoorresultaten kunnen worden verklaard:

De twee empirische vuistregels zijn: In het frequentiegebied van 400 tot 1800 MHz neemt de kans op storing:

- toe met het kwadraat van het zendvermogen (bij een 4x zo groot zendvermogen is de kans op storing $4^{1/2} = 2$ maal zo groot).
- bij toename van de frequentie omgekeerd evenredig af (bij een verdubbeling van de frequentie halveert de kans).

Met deze vuistregels kunnen de door Irnich en Tobisch gevonden resultaten – hieronder opnieuw weergegeven – worden verklaard als volgt: C-net en D-net leveren ongeveer evenveel gestoorde apparaten op. D-net werkt op een 2 x zo hoge frequentie (stoorkans halveert), maar ook op een 4 x zo hoog vermogen (stoorkans 2 x zo hoog) als C-net. Resulteert (globaal) gelijke stoorkans (=gelijk percentage gestoorde apparaten) voor C-net en D-net. Op dezelfde manier werkt E-net met een 2 x zo hoge frequentie als D-net (stoorkans halveert) en tevens met de helft van het vermogen van D-net (stoorkans delen door $2^{1/2}$). Resulteert een ca. 3 x zo kleine stoorkans. Dit effect is globaal in de figuur te herkennen: de rechter paaltjes in elke afstandscategorie zijn globaal 3 x zo klein dan de andere twee paaltjes.

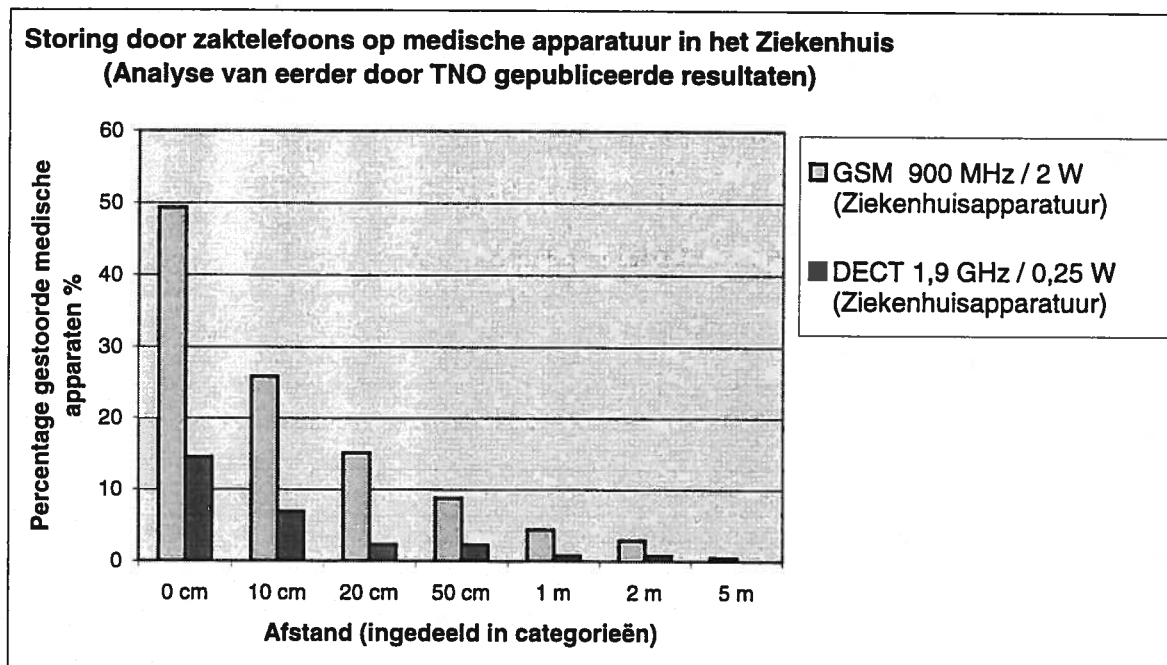


Zoals reeds gezegd is deze factor 3 reeds opgemerkt door ECRI door te stellen, dat Irnich et al. gemiddeld bij 900 MHz zaktelefoons 3 maal zo veel invloed ("kans op storing") vonden als bij 1800 MHz zaktelefoons, maar ECRI zet deze analyse niet voort.

⁷² ECRI-publicatie 1999, Literatuurlijst No. [7].

⁷³ Boek van Tobisch en Irnich, Literatuurlijst No. [5].

Ook de eerder door TNO ⁷⁴ ⁷⁵ gevonden resultaten voor medische apparatuur in het ziekenhuis beantwoorden redelijk aan de twee vuistregels, zoals te zien is in onderstaande figuur: DECT werkt op 1,9 GHz en heeft daardoor een $1900 / 900 = 2,1$ x kleinere stoorkans dan GSM; bovendien werkt DECT op een 8 x zo klein vermogen als GSM (2,8 maal zo kleine stoorkans). Totaal 6 x zo kleine stoorkans. Getalsmatig resulteert uit onderstaande figuur een factor 4 – wat redelijk in de buurt van de “gezochte” factor 6 ligt.



Ook de resultaten uit een studie van de Engelse MDA ⁷⁶ kunnen goed met deze vuistregels worden verklaard.

De eerste vuistregel is intuïtief eenvoudig te verklaren als men bedenkt dat de veldsterkte evenredig is met $P^{1/2}$.

Deze tweede regel kan aannemelijk worden gemaakt voor medische apparatuur door aan te nemen dat de antenne-efficiency waarmee de interne bedrading van de medische apparatuur het stoorsignaal (onbedoeld) oppikt halveert bij verdubbeling van de frequentie. Deze halvering is als volgt te verklaren: bij frequenties van 400 tot 1800 MHz behoren golflengten van 75 cm tot 15 cm. Men bedenke vervolgens dat onbedoelde antennewerking vaak gepaard gaat met resonanties op $1/4$ deel van de golflengte – dat is dus 19 cm tot 4 cm voor genoemde frequenties van 400 tot 1800 MHz. Kennelijk bevinden zich in medische apparatuur meer gevoelige circuits van 19 cm lengte dan van 4 cm lengte. Volgens deze redenering zou kleinere medische apparatuur gemiddeld ook ongevoeliger moeten zijn dan grotere apparatuur en vermoedelijk is dat (in gemiddelde zin!) ook wel zo (geen wetenschappelijk bewijs voorhanden).

Wel moet worden opgemerkt, dat het om “vuistregels” gaat en ook dat het om een “gemiddelde kans” gaat. Het storingsgedrag van een concreet apparaat kan dus aanzienlijk afwijken van deze vuistregels.

⁷⁴ Invloed van 2 Watt GSM zaktelefoons op 205 medische apparaten, Literatuurlijst No. [1].

⁷⁵ Invloed van DECT-zaktelefoons op 131 medische apparaten, Literatuurlijst No. [2].

⁷⁶ MDA publicatie (UK) uit 1997, Literatuurlijst No. [8].

Bijlage B Overzicht van mobiele radiotelefoniesystemen

1. Algemene karakteristieken	36
1.1. Cellulaire mobiele radio systemen	36
1.2. Derde generatie mobiele communicatie systeem.....	37
1.3. Cordless Telephonie systemen, CT	37
1.4. Private/Professionele Mobiele Radio, PMR.....	38
1.5. Radio Local Area Networks, RLAN's	38
1.6. Vliegtuig telefonie.....	38
1.7. Satelliet systemen.....	38
2. Wat wel en niet in het onderzoek is betrokken en waarom	39
3. Karakteristieken van zendsignalen van zaktelefoons	39
4. Kenmerken van systemen.....	41
5. Penetratiegraad.....	46
6. Begrippen.....	46
7. Eenheden.....	48

In deze bijlage worden systemen beschreven die thans in gebruik zijn of in de voorzienbare toekomst gebruikt gaan worden in Nederland of daarbuiten. Het verwarrende bij het vergelijken van systemen uit verschillende landen is dat er in verschillende landen verschillende systemen in gebruik zijn en verder dat er verschillende nationale (verkoop)benamingen bestaan en dat die benamingen in de internationale literatuur naar hartelust worden gebruikt zonder expliciet te vermelden dat het om een nationale benaming gaat. Zo heet het DCS 1800 systeem in Engeland "PCN" (Personal Communication Network) en in Duitsland "E-netz". Een ander voorbeeld is GSM, dat in Duitsland veelal wordt aangeduid met "D-Netz". In Engeland is een analoog systeem op 900 MHz ingevoerd (TACS), terwijl het analoge systeem in Duitsland (C-Netz) werkt op 450 MHz. Een ander voorbeeld is dat de 900 MHz "handheld cell phones" in de VS zenden met een vermogen van 0,6W, terwijl 900 MHz (GSM) zaktelefoons in Europa zenden met 2W. Deze verschillende vermogens leiden tot een verschil in kans om medische apparatuur te storen. Dergelijke verschillen zijn reden om alle systemen in dit hoofdstuk op een rij te zetten. De lezer dient zich echter te realiseren dat globaal elk jaar nieuwe standaarden worden vastgesteld of voorlopige standaarden hun definitieve beslag krijgen.

1. Algemene karakteristieken

In mobiele telefonie systemen kunnen zes hoofdgroepen worden onderscheiden die elk een bepaald soort netwerk vormen:

NEDERLANDSE BENAMING	ENGELSE BENAMING
1 Cellulaire mobiele radio systemen	Cellular mobile radio systems
2 Cordless Telephonie systemen, CT ("snoerloos")	Cordless Telephone systems, CT
3 Private/Professionele Mobiele Radio, PMR	Private/Professional Mobile Radio, PMR
4 Radio Local Area Networks, RLAN's	Radio Local Area Networks, RLAN's
5 Vliegtuig telefonie	Flight telephone
6 Satelliet systemen	Satellite systems

1.1. Cellulaire mobiele radio systemen

Een cel is een gebied met een middellijn van bijvoorbeeld enkele km waarbinnen een telefoon communiceert met een basisstation op een frequentie die in de naburige cellen niet geldig is. In de cellen

daarbuiten kan weer wel met deze frequentie worden gewerkt, waardoor telefoons elders wel op dezelfde frequentie kunnen werken (efficiënt ether gebruik). Bij passeren van een celgrens schakelt het systeem automatisch over op een nieuwe frequentie. Cellulaire systemen hebben altijd aparte frequentie kanalen voor de uplink (van mobiel naar basispost) en voor de downlink (van basispost naar mobiel). Gebruikers hebben verbinding met het openbare telefoonnet.

De eerste generatie cellulaire systemen zijn analoog (bijvoorbeeld NMT 450 uit 1981, TACS en ETACS uit 1985 en NMT 900 uit 1986). Ze werken in frequentie banden rond 150, 200, 450 en 900 MHz. In de eerste jaren van de 21e eeuw zullen de analoge cellulaire systemen zijn vervangen door digitale cellulaire systemen. De overgang van analoog naar digitaal vindt plaats omdat de capaciteit (het aantal kanalen) van de analoge systemen niet meer kan toenemen. De digitale systemen hebben een grotere capaciteit dan de analoge.

Het eerste Europese digitale systeem (GSM, 1991) heeft zaktelefoons met een piek zendvermogen van 2W en het eerste Amerikaanse digitale systeem (NDAC/D-AMPS, 1991) heeft zaktelefoons met een piek zendvermogen van 0,6W. Bij het tweede Amerikaanse systeem (NADC / IS - 95) hebben de zaktelefoons zelfs een piek zendvermogen van slechts 0,2W. Om deze reden bestaan er op het Amerikaanse continent minder zorgen over stoorinvloeden op medische apparatuur, dan elders. Het in 1993 vastgelegde Europese DCS 1800 systeem dat sinds 1998 geleidelijk wordt ingevoerd, werkt op ca. 1,8 GHz; de DCS 1800 zaktelefoons hebben een piek zendvermogen van 1W. Zie voor meer details verderop in de paragrafen over GSM en DCS 1800.

1.2. Derde generatie mobiele communicatie systeem

De digitale systemen worden over het algemeen aangeduid als “tweede generatie” ter onderscheiding van de analoge cellulaire systemen, die wel “eerste generatie” worden genoemd. Het “derde generatie” systeem wordt thans aangeduid met IMT-2000 (Internationaal systeem voor Mobile Telecommunicatie) of als “3G” (voor 3^e Generatie). Besprekingen in de ITU (International Telecommunication Union) over dit systeem zullen vermoedelijk uitmonden in een combinatie van de systemen die wereldwijd de sterkste positie hebben. Het betreft dan de Tijdmultiplex-technologie (TDMA = Time Division Multiple Access. Deze technologie wordt op dit moment toegepast in GSM, DCS 1800, CT2, DECT en TETRA en is in Europa op dit moment de standaardtechnologie is) en de Codemultiplex-technologie (CDMA = Code Division Multiple Access. Deze technologie wordt vooral in de VS toegepast – overigens in een stuk of drie varianten). Het resultaat voor de gebruiker zou kunnen zijn een zaktelefoon, die automatisch van de ene naar de andere technologie om kan schakelen en ook aansluit op de bestaande tweede generatie systemen. Ten tijde van de metingen in het kader van het voorliggende rapport was nog onvoldoende bekend over 3^e generatie systemen om er praktische tests mee uit te kunnen voeren.

1.3. Cordless Telephonie systemen, CT

Een Cordless Telephone (CT) wordt in plaats van een gewone telefoon op een telefoonlijn aangesloten. De “telefoonhoorn” is snoerloos (“cordless”) uitgevoerd als een soort zaktelefoon en kan over een beperkte afstand, bijvoorbeeld binnen een gebouw, met het telefoontoestel (het “basistoestel”) communiceren via de ether. De gebruiker heeft toegang tot het openbare telefoonnet. Eventueel kunnen er meerdere zaktelefoons met een en hetzelfde basistoestel communiceren. Doordat het afstandsgebied niet groot is, kan met een beperkt zendvermogen worden volstaan.

De eerste generatie CT systemen (CT0 en CT1) zijn analoge systemen voor gebruik binnenshuis. De nieuwe digitale generatie CT systemen (CT2, DECT, PHS, allen met piek zendvermogens ≤ 250 mW) zijn uitgevoerd als cellulaire systemen met een beperkte reikwijdte, bijvoorbeeld beperkt tot een gebouw of een terrein.

Cordless systemen zijn goedkoper dan mobiele systemen door het geringere zendvermogen en doordat er minder faciliteiten/functies in zitten dan in mobiele systemen.

1.4. Private/Professionele Mobiele Radio, PMR

Dit zijn systemen voor communicatie tussen voertuigen in een vloot en tussen of met individuen, die over "handunits" beschikken. Meestal is er ook een basispost waarover soms alle communicatie loopt. Communicatie beperkt zich tot de apparaten die in het netwerk zijn opgenomen en er is geen verbinding met het openbare telefoonnet. Voorbeelden zijn: walkie-talkies, taxi, ambulance, politie, brandweer, portofoons, bewakingsdiensten. De piek zendvermogens kunnen aanzienlijk boven de 2W liggen en bij de mobiele apparaten die in voertuigen en dergelijke zijn ingebouwd zelfs enkele tientallen watt bedragen. Wel is in het in 1997 voor Europa gedefinieerde TETRA systeem ook een handtelefoon gedefinieerd met een piek zendvermogen van 1 W, maar sommige "handunits" binnen TETRA kunnen ook hogere vermogens zenden. Het TETRA systeem is een digitaal PMR systeem, dat net als GSM, DCS 1800, CT2 en DECT werkt met een aantal tijdsleuven (zie verderop).

Er zijn PMR systemen die spraak overbrengen en er zijn PMR systemen, die data overbrengen en er zijn ook PMR systemen voor beide. PMR systemen die alleen data overbrengen worden ook wel Wide Area Networks (WAN's) genoemd ter onderscheid van LAN's (zie verderop).

1.5. Radio Local Area Networks, RLAN's

Local Area Networks (LAN's) zijn kabelsystemen, die computers met elkaar verbinden en/of meerdere computers met een centrale server laten communiceren. Door het toepassen van een radioverbinding worden computers mobiel gemaakt. Ze kunnen bijvoorbeeld op een karretje worden geplaatst. Voor RLAN's wordt ook de benaming Wireless LAN (WLAN) gebruikt. Er is nog weinig gestandaardiseerd op het gebied van RLAN's. Deze systemen hebben grote mogelijkheden in zich – niet in de laatste plaats vanwege hun betrekkelijk geringe stoorkans door hun betrekkelijk geringe zendvermogen. Zie bijvoorbeeld Dempsey ¹, die een 2,4 GHz WLAN met een zendvermogen van 100 mW evalueert op storings- en gezondheidseffecten.

1.6. Vliegtuig telefonie

Zaktelefoons van aardse analoge of digitale cellulaire systemen mogen niet in vliegtuigen worden gebruikt vanwege mogelijk gevaarlijke invloed op (navigatie)systemen in het vliegtuig. De aardse cellulaire systemen zijn ook niet ingericht op zaktoestellen, die met vliegtuigsnelheid van cel wisselen. Daarom zijn er speciale flight telephone systemen, die veilig zijn voor de vliegtuigsystemen en die met speciale grondstations communiceren, die toegang tot het openbare telefoonnet geven.

1.7. Satelliet systemen

Satelliet systemen maken communicatie mogelijk in die gebieden op aarde waar de bevolkingsdichtheid zeer laag is of waar om andere redenen grondstations niet geplaatst kunnen worden (zee, woestijn, sommige berggebieden). Systemen als INMARSAT en IRIDIUM hebben mobiele/draagbare zendontvangers met piek zendvermogens $\geq 7W$. In het systeem GLOBALSTAR is een "zaktelefoon" gepland met een piek zendvermogen van 1W.

¹ M.K. Dempsey: "The Physiological Effects of 2.4 GHz Frequency Hopping Radios". WLI Forum, Wireless LAN Interchangeability Forum, Sunnyvale, CA, <http://www.wlif.com>. De publicatie staat op: <http://www.wlif.com/pdfs/physio.pdf>

2. Wat wel en niet in het onderzoek is betrokken en waarom

2.1. Cellulaire mobiele radio systemen

De digitale cellulaire systemen **GSM** en **DCS 1800** zijn in onderzoek betrokken omdat er een explosieve groei in het gebruik van digitale cellulaire zaktelefoons in Europa wordt verwacht. Er is geen analoog cellulair systeem in het onderzoek betrokken omdat analoge cellulaire systemen in de eerste jaren van de 21ste eeuw zullen zijn vervangen.

2.2. Cordless Telephonie systemen, CT

Cordless Telephonie systemen zijn in het onderzoek betrokken omdat naar verwachting grote aantallen van deze systemen in woonhuizen zullen gaan worden gebruikt. Een analoog systeem (**CT 0**) en een digitaal systeem (**DECT**) zijn in het onderzoek betrokken om te verifiëren of deze systemen inderdaad geen beïnvloeding van medische apparatuur veroorzaken, zoals op grond van het lage piek zendvermogen van cordless telefoons alom wordt verwacht.

2.3. Private/Professionele Mobile Radio, PMR

PMR systemen zijn niet in het onderzoek betrokken omdat er geen grote aantallen van dit soort systemen binnen of nabij woonhuizen gebruikt zullen gaan worden. Vanwege de hoge zendvermogens van sommige apparaten binnen sommige PMR systemen kan echter geenszins worden uitgesloten, dat medische apparatuur binnenshuis niet verstoord wordt als in de nabije omgeving van het huis wordt gezonden. Omdat dat toch niet een veel voorkomende gebeurtenis zal zijn, zijn PMR systemen toch niet in het onderzoek betrokken. Bovendien is van deze systemen reeds lang bekend, dat de sterkere zenders in de PMR systemen storende invloed op elektronica kunnen hebben.

2.4. Radio Local Area Networks, RLAN's

RLAN's zijn niet in het onderzoek betrokken omdat er geen grote aantallen van in bedrijf zullen komen en omdat er geen storing op medische apparatuur thuis te verwachten is.

2.5. Vliegtuig telefonie

Niet in onderzoek betrokken omdat er geen storing op medische apparatuur thuis te verwachten is.

2.6. Satelliet systemen

Niet in onderzoek betrokken omdat er vooralsnog geen grote aantallen "satelliet - zaktelefoons" in bedrijf zullen komen en bovendien bellen vanuit een huis met deze telefoons - althans op dit moment - niet goed mogelijk is (alleen mogelijk "bij het raam" en "met zichtverbinding").

3. Karakteristieken van zendsignalen van zaktelefoons

Alvorens de in het onderzoek betrokken systemen nauwkeuriger te beschrijven worden hieronder eerst drie belangrijke begrippen toegelicht, die met het karakteriseren van de zendsignalen (en dus van de uitgezonden velden) van zaktelefoons te maken hebben. Het zijn de begrippen "Tijdmultiplex", "Automatische regeling van het zendniveau" en "Spectrum".

3.1. Tijdmultiplex, een bijzonder mechanisme in een aantal systemen

Bij GSM bijvoorbeeld wordt een kanaal door 8 telefoons tegelijk gedeeld die om beurten zenden: als één telefoon zendt, zijn de andere zeven stil. Dit gaat zo snel, dat de gebruiker het niet merkt. Dit heet tijdmultiplex: er wordt in de tijd "gemultiplext" door meerdere telefoons. Elke telefoon heeft zijn eigen "tijdsleuf" waarin hij met bijvoorbeeld 2W piek vermogen zendt; daarna is elke telefoon 7 tijdsleuven

“stil”. Het gemiddelde (“Average”) zendvermogen is dan dus $2:8 = 0,25W$ Ave. Het tijdmultiplexen gebeurt middels microprocessoren en dus is het een digitaal systeem.

Tijdmultiplex wordt o.a. toegepast in GSM, DCS 1800, CT2, DECT en TETRA.

3.2. Automatische regeling van het zendvermogen van de zaktelefoon

Als het basisstation de zaktelefoon goed ontvangt wordt het vermogen van de zaktelefoon automatisch naar beneden geregeld met het doel batterijvermogen te sparen en met het doel de kans op storing tussen zaktelefoons in verschillende cellen (“interferentie”) te verminderen. Deze “adaptieve vermogensregeling” geschiedt automatisch - door het systeem - en zonder dat de gebruiker iets aan de spraakverbinding merkt.

3.3. Spectrum

Systemen met tijdmultiplex (zoals GSM, DCS 1800, CT2, DECT en TETRA) werken met frames waarin zich tijdsleuven bevinden. De herhalingsfrequentie van de frames hangt af van de framelengte en die framelengte wordt bepaald door het aantal tijdsleuven. Bij GSM en DCS 1800 is de framelengte 4,615 ms en de frame herhalingsfrequentie dus 217 Hz. In een GSM of DCS 1800 frame zitten 8 tijdsleuven van 0,577 ms elk. Bij DECT is de frame herhalingsfrequentie 100 Hz en bij CT2 is de frame herhalingsfrequentie 500 Hz. Het spectrum van deze systemen bevat dus ook die frequentie van 217, 100 of 500 Hz en bevat bovendien ook harmonischen van deze frequenties (dwz. veelvouden van 217, 100 of 500 Hz).

Doordat er zich bij sommige communicatiesystemen ook langere perioden in de systeembesturing voordoen dan die van de tijdsleuven en de frames, zitten er in het signaalspectrum van GSM, DECT, DCS 1800 en TETRA ook lage frequenties - bij GSM en DECT o.a. 2 en 8 Hz en veelvouden daarvan.

Omdat GSM, DECT, DCS 1800, CT2 en TETRA gepulste systemen zijn treden in de directe nabijheid van de telefoons gepulste magnetische velden op. In de literatuur [Linde en Mild in EC rapport] en [Andersen et al. in EC rapport] worden voor GSM gemeten laagfrequente magnetische fluxdichtheden tot $1,8 \mu T$ rms genoemd.

3.4. GSM

Global System for Mobile communications, GSM (in het Frans: Groupe Special Mobile) is een Europese standaard voor een wereldwijd systeem - ontworpen om via “roaming agreements” tussen netwerkbeheerders wereldwijd te functioneren. Het is een cellulair systeem. De basisstations zijn in het begin allereerst langs autosnelwegen opgezet - vandaar “mobile”. Met steeds meer basisstations - ook in steden - wordt de dekkingsgraad steeds hoger en verschuift het karakter geleidelijk van “mobiele” naar “hand/zak” telefoon. De frequentiebanden liggen vlakbij die van de TACS / NMT systemen om de geleidelijke overgang van deze analoge systemen naar GSM makkelijker te maken.

De banden van de oudere systemen, die op den duur door GSM zullen worden vervangen bevinden zich “tussen” de GSM banden:

- CT1: 914 - 915 MHz en 959 - 960 MHz,
- TACS / NMT: 890 - 905 MHz en 935 - 950 MHz,
- CT2+: 944 en 948 MHz.

3.5. DCS 1800

Het Digital personal Communication System bij 1800 MHz is de opvolger en uitbreiding van het GSM systeem. De technische werking vertoont veel overeenkomsten met het GSM systeem. Er zijn eveneens 8 tijdsleuven en de framefrequentie is eveneens 217 Hz.

3.6. DECT

Het Digital Enhanced (European) Cordless Telecommunications system is ontworpen voor cordless communicatie met PABX - telefooncentrales, een bepaald soort "bedrijfs - telefooncentrales" en voor cordless communicatie in een wireless LAN. Het is een cellulair en digitaal opgebouwd systeem met een laag vermogen (geringe reikwijdte; ca. 200 m). De toepassing is voornamelijk binnen kantoor. De technische werking vertoont veel overeenkomsten met het GSM systeem. Er zijn eveneens 8 tijdsleuven (herhalingsfrequentie eveneens 217 Hz).

4. Kenmerken van systemen

In onderstaande tabel zijn de kenmerken van de bekendste systemen opgenomen.

CELLULAR ANALOGUE	
TACS / NTACS / ETACS	<p>Total Access Communication Systems (ETACS = Extended TACS: heeft 7 % meer kanalen dan TACS) ANALOOG / CELLULAIR; frequentiebanden tussen 860 en 960 MHz In het Verenigd Koninkrijk heeft het de namen Vodafone analogue network en Cellnett analogue network</p> <p>O.a. UK, Ierland, Oostenrijk, Italië, Spanje, 1985 (zal in 2005 verdwijnen). Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,6W (ETACS ook hoger) Zendvermogen van zaktelefoon TACS wordt NIET automatisch geregeld en van ETACS WEL automatisch geregeld Definitiedocument: MPT 1324 (1987), TACS Spec. (1991)</p>
NMT 450	<p>Nordic Mobile Telephone bij ca. 450 MHz ANALOOG / CELLULAIR; 453 - 458 MHz en 463 - 468 MHz NMT 450 heette in Nederland ook ATF2 = AutoTeleFoon 2</p> <p>O.a. W-Europa, 1981 Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 1,5 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld</p> <p>Het Nederlandse ATF2 net is in 1995 gesloten.</p> <p>Het Duitse C-net is een NMT 450 systeem, dat werkt met "handy's" van 0,5W². Er waren ook C-net draagbare apparaten met grote accu, die op 2,5W werkten. In de literatuur komt men die tegen als "C-net 2,5 W".</p>
NMT 900	<p>Nordic Mobile Telephone ANALOOG / CELLULAIR; 890 - 915 MHz en 935 - 960 MHz NMT 900 heette in Nederland ook ATF3 = AutoTeleFoon 3</p> <p>In o.a. Nederland, Scandinavië, Zwitserland, 1986.</p> <p>Het Nederlandse ATF3 net is in 1999 gesloten.</p> <p>Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 1 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld</p>

² Boek van Tobisch en Irnich, Literatuurlijst No. [5].

AMPS	<p>Advanced Mobile Phone Service ANALOOG / CELLULAIR; 824 - 849 MHz en 869 - 894 MHz O.a. Noord Amerika Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,8 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld</p>
CELLULAR DIGITAL	
GSM	<p>Global System for Mobile Communications DIGITAAL / CELLULAIR; 880 – 888 MHz, 890 - 915 MHz 925 – 933 MHz, 935 - 960 MHz O.a. Europa, Azië, Pacific, 1991 Framefrequentie 217 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 2W piek ± 2 dB (-37% / +58%) Gemiddelde (Average) zendvermogen van zaktelefoon: 0,25W Ave ± 2 dB (-37% / +58%) Voertuigset: tot 20 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld OPMERKING: De "910 MHz" versie van de GSM standaard is thans in Europa in gebruik; de standaard definieert dus nog diverse andere banden. In het Verenigd Koninkrijk heeft GSM de commerciële benamingen Vodafone digital network en Cellnett digital network. Het Duitse D-net is een GSM systeem. Definitiedocument: ETS 399 577 (ETSI GSM 05.05)</p>
DCS 1800	<p>Digital personal Communication System bij ca. 1800 MHz DIGITAAL / CELLULAIR; 1710 - 1785 MHz, 1805 – 1880 MHz Europa, 1993 (In Nederland geleidelijk ingevoerd vanaf 1998) Framefrequentie 217 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 1W piek ± 2 dB (-37% / +58%) Gemiddelde (Average) zendvermogen van zaktelefoon: 0,125W Ave ± 2 dB (-37% / +58%) Voertuigset: tot 20 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld OPMERKING: Wordt ook wel aangeduid als "GSM 1800" omdat de modulatie vergelijkbaar is met die van GSM. OPMERKING: In het Verenigd Koninkrijk wordt dit een PCN = Personal Communication Network genoemd en heeft het de namen Orange DCS 1800 en One 2 One DCS 1800. Het Duitse E-net is een DCS 1800 systeem. Definitiedocument: ETS 399 577 (ETSI GSM 05.05)</p>

NADC / D – AMPS	North American Digital Cellular / Digital Advanced Mobile Phone Service DIGITAAL / CELLULAIR; 824 - 849 MHz en 869 - 894 MHz
	O.a. Noord Amerika, 1991 Framefrequentie 50 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,6 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld Definitiedocument: IS 54, IS 55, IS 56, IS 136
NADC / IS – 95	North American Digital Cellular / DIGITAAL / CELLULAIR; 824 - 849 MHz en 869 - 894 MHz
	O.a. Noord Amerika, 1995 Framefrequentie 50 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,2 W Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld Definitiedocument: IS 95
PCS	Personal Communication Systems (Services ?) DIGITAAL / CELLULAIR; 1850 – 1910 / 1930 - 1990 MHz
	O.a. USA, 1996 Open systeem, dat diverse andere systemen insluit (sluit o.a. in een soort DCS 1800 werkend bij 1900 MHz, een soort IS - 95, een soort PHS, een soort DECT en anderen) OPMERKING: zie ook "PCN" bij DCS 1800. PCS en PCN lijken erg op elkaar.
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000. Wereldwijde norm volgens welke de derde generatie mobiele telecommunicatie systemen zullen gaan werken ³ . Zie verder UMTS
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. De Europese CEPT norm voor IMT-2000. Zal in Europa gaan werken in de banden 1900 – 1980 MHz, 2100 - 2200 MHz en 2110 - 2170 MHz waar het aardse systemen betreft. In Europa zijn de banden 1980 – 2010 MHz en 2170 – 2200 MHz gereserveerd voor mobiele satelliet diensten inclusief UMTS.
	Definitiedocument: CEPT/ERC/DEC(99)25 dd. 29 November 1999. Dit document specificeert niet het zendvermogen ⁴ . Het UMTS zal in 2002 van start gaan. Op termijn – bijvoorbeeld in 2008 – zal het GSM netwerk opgaan in het UMTS.
CORDLESS ANALOGUE	
CT 0	ANALOOG; 31 en 40 MHz (Frequenties in Nederland en Spanje) O.a. in Europa, USA, Australië, Azië Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 10 mW Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld
	ANALOOG; 914 / 959 MHz
CT1 CT1+	ANALOOG; 885 / 932 MHz
	Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 10 mW Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld

³ <http://www.itu.int/imt/vision.html>

⁴ European Radiocommunications Committee (ERC), <http://www.ero.dk>

CORDLESS DIGITAL	
CT2 CT2+	<p>DIGITAAL / CELLULAIR; 864,1-868,1 MHz</p> <p>DIGITAAL / CELLULAIR; 944-948 MHz</p> <p>Wereldwijd gedefinieerd in het jaar 1989; populair in Australië en Verre Oosten. Framefrequentie: 500 Hz (2:1 Time Multiplex) Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 10 mW piek; Ave=5 mW. Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld Definitiedocument: ETS 300 131</p>
DECT	<p>Digital Enhanced (European) Cordless Telecommunications</p> <p>DIGITAAL / CELLULAIR; 1880 – 1900 MHz</p> <p>Europa, 1994 Framefrequentie 100 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,250W piek Gemiddelde (Average) zendvermogen van zaktelefoon: 0,01W Ave Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld</p> <p>OPMERKING: Kanalen zijn beveiligd tegen af luisteren met een Cyclic Redundancy Code (CRC).</p> <p>Definitiedocument: ETS 300 175-2 (1993), I-ETS 300 176 TBR6</p> <p><u>Opmerking:</u> Blue tooth is een nieuwe technologie voor WLAN- communicatie over 10-100 m afstand tussen apparaten onderling. Deze technologie komt wellicht in 2001 op de markt. Het lijkt op DECT, maar werkt op 2,45 GHz. Dit is wereldwijd een vrije band waardoor de kans op wereldwijde standaardisatie hoog is. De bandbreedte is 80 MHz. Het vermogen zal vermoedelijk ca. 10 – 100 mW zijn, maar wellicht ook hoger.</p>
PHS	<p>Personal Handy phone System</p> <p>DIGITAAL / CELLULAIR; 1895 - 1918 MHz</p> <p>Japan, 1994 Framefrequentie 200 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 80 mW Zendvermogen van zaktelefoon wordt NIET automatisch geregeld Definitiedocument: RCR Spec. Std 2B (TBA)</p>
PRIVATE / PROFESSIONAL MOBILE RADIO (PMR)	
TETRA	<p>Trans European Trunked Radio system; professionele toepassingen</p> <p>DIGITAAL; 380 - 385 MHz en 390 - 395 MHz</p> <p>Europees gedefinieerd, 1997 Framefrequentie 17,65 Hz Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 1W en hoger Zendvermogen van zaktelefoon wordt WEL automatisch geregeld Definitiedocument: ERC/DEC/(99)04 dd. 10 March 1999 (Dit document specificeert niet de zendvermogens).</p>

RADIO LOCAL AREA NETWORKS (RLAN's)

HIPERLAN 1)	HIgh Performance European Radio Local Area Network DIGITAAL; banden rond 5,2 GHz (in 1996)
	Wereldwijd gedefinieerd, 1996 (?) Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 1 W Definitiedocument: prETS 300 652
HIPERLAN 2)	HIgh Performance European Radio Local Area Network DIGITAAL; 17,1 - 17,3 GHz
	Wereldwijd gedefinieerd, 1996 (?) Hoogste piek zendvermogen van zaktelefoon: 0,1 W Definitiedocument: prETS 300 652
WLAN	zie ook DECT

VLIEGTUIG TELEFONIE

INMARSAT AERO	INternational MARitime SATellite, AERO - VERSION DIGITAAL / CELLULAIR; Frequentiebanden rond 1,6 GHz
	Wereldwijd gedefinieerd Hoogste piek zendvermogen van mobiele unit: 25,5 dB W Zendvermogen van mobiele unit wordt WEL automatisch geregeld

SATELLITE SYSTEMS

INMARSAT	INternational MARitime SATellite Diverse CELLULAIRE systemen, zowel ANALOOG als DIGITAAL; Frequentiebanden rond 1,6 GHz
	Meeste systemen sluiten de polen uit; verder wereldwijd Hoogste piek zendvermogen van mobiele unit: 33 tot 36 dBW Zendvermogen van mobiele unit wordt bij sommige INMARSAT systemen WEL automatisch geregeld en bij andere NIET
IRIDIUM draft specification	Frequentiebanden nabij 1,6 GHz Hoogste piek zendvermogen van mobiele unit: 7W Zendvermogen van mobiele unit wordt WEL automatisch geregeld De 70 satellieten van het Iridium netwerk worden bij gebrek aan een koper vernietigd [bron: NRCH 1 april 2000]
GLOBALSTAR draft specification	Frequentiebanden nabij 1,6 en 2,5 GHz Hoogste piek zendvermogen van mobiele unit: 1W en hoger Zendvermogen van mobiele unit wordt WEL automatisch geregeld

PR 27	Radioamateurs 26,960 - 27,410 MHz 4W
-------	--

5. Penetratiegraad

Gemiddeld 40 % van alle Europeanen beschikte begin 2000 over een mobiele telefoon. Finland spande hierbij de kroon met 70%. In 1999 zijn wereldwijd 284 miljoen mobiele telefoons verkocht ⁵. In dat jaar is ook de 200 miljoenste GSM telefoon verkocht ⁶. Volgens de GSM Association ⁷, een industrieorganisatie, kwamen er begin 2000 per seconde 4 nieuwe GSM klanten bij. Omgerekend is dat een toename van 63 miljoen GSM's per jaar ("hellingshoek" per begin 2000).

In Nederland waren er volgens het TV journaal van 6 april 2000 op dat moment 6 miljoen mobiele bellers. Volgens het NRC Handelsblad waren er in het Verenigd Koninkrijk op 6 april 2000 iets meer dan 15 miljoen mobiele bellers.

De verwachte wereldwijde groei van mobiele telefonie is in onderstaande tabel weergegeven ⁸. De Noord Amerikaanse en de Europese markt zullen het eerst hun verzadigingspunt bereiken, zoals uit de tabel kan worden afgelezen. Maar zelfs in 2015 zullen de markten van Azië, Afrika en Zuid Amerika nog lang niet verzadigd zijn – ook zonder dat men met bevolkingsgroei rekening houdt. Deze getallen worden ook in het blad Elektronica van November 1999 aangehaald.

Customers in millions at year end	1995	2000	2005	2010	2015
EU 15	22	113	200	260	300
North America	36	127	190	220	230
Asia Pacific	22	149	400	850	1400
Rest of World	7	37	150	400	800
Total	87	426	940	1730	2730

De verwachting is, dat in 2010 mobiele telefonie de vast aangesloten toestellen zal hebben verdrongen.

6. Begrippen

Enkele veel gebruikte begrippen met betrekking tot mobiele telefonie zijn:

Analoog systeem	Een systeem, waarin spraak signalen rechtstreeks een draaggolf moduleren, zoals dat bijvoorbeeld ook bij Frequentie geModuleerde (FM) radio en bij Amplitude geModuleerde (AM) radio gebeurt. Hierdoor is het communicatiesignaal "analoog" aan het spraaksignaal.
Digitaal systeem / digitaal net	Het spraaksignaal wordt eerst omgezet in énen en nullen en daarmee wordt een draaggolf gemoduleerd.

⁵ NRC Handelsblad 14-3-2000.

⁶ blad Elektronica, November 1999

⁷ http://www.gsmworld.com/technology/tech_faq.html

⁸ http://www.siriuscomm.com/umts_regdirect.htm :

Cellulair systeem / cellen	Een cel is een gebied waarbinnen een telefoon communiceert met een basisstation op een frequentie, die niet in de naburige cellen kan worden ontvangen. In de cellen daarbuiten kan weer wel met deze frequentie worden gewerkt, waardoor telefoons elders wel op dezelfde frequentie kunnen werken (efficiënt ether gebruik). Bij passeren van een celgrens schakelt het systeem automatisch over op een nieuwe frequentie. Zowel de oudere analoge NMT systemen ATF2 en ATF3 als de nieuwere systemen GSM, DECT, CT2, DCS 1800 en TETRA zijn cellulaire systemen.
Basisstation / vaste post	Een vast opgestelde antenne welke meestal op (een deel van) een cel is gericht en via welke met een mobiel of zak toestel wordt gecommuniceerd. Via het basisstation heeft het telefoontoestel toegang tot het telefoonnetwerk, waarin telefooncentrales het verkeer regelen.
Dekkingsgraad	Een getal, dat aangeeft in welk percentage van een bepaald gebied een mobiel of zaktoestel bereikt kan worden.
Mobiel toestel	Bedoeld voor in een voertuig; wordt daar meestal ook bijgeladen en kan dan ook buiten het voertuig worden gebruikt.
Zaktelefoon / Handy	Bedoeld voor in de jaszak. Moet in een lader worden bijgeladen en/of de batterij kan worden omgewisseld.
Draagbaar toestel	Toestel in een tas/koffertje waarin zich ook een (zwaardere) accu bevindt, die het lang(er) volhoudt. Vaak is een laadapparaat ingebouwd om de accu uit het 230 Volt net of uit de autoaccu te kunnen bijladen. Toepassing: waar elektriciteit ontbreekt toch kunnen communiceren.
Amateur-band / Citizen's Band (CB) "27 Mc bakkie"	In een frequentieband rond 27 MHz mag zonder vergunning, maar wel onder voorwaarden (o.a.: niet meer dan 4W zendvermogen en alleen fm modulatie) worden gezonden. In de US heet deze "amateur-band" de "Citizen's Band (CB Band)". In Nederland spreekt men wel van "de 27 Mc", waarbij de c staat voor "cycle" als vervanging van "Hz" (hertz). Er wordt veel illegaal gezonden in deze band - vaak met een te hoog zendvermogen. Zendamateurs hebben wereldwijd diverse andere frequentiebanden dan de 27 Mc toegewezen gekregen, waarin ze onder vrij strenge restricties mogen zenden. Individuen, die zich niet aan de bepalingen houden, worden door de verenigingen geweerd en hun zendmachtiging kan worden ingetrokken.
Pager	Een apparaatje dat berichten kan ontvangen en weergeven op een schermje en/of als afluisterbare gesproken boodschap. De berichten zijn veelal via de telefoon ingegeven/ingesproken. Er zijn pagers, die ook een bericht terug (kunnen) zenden.

Vermogen (in W = watt)	Energie per seconde (Joule per seconde).
Gemiddeld vermogen (Average)	<p>(Average) = Een systeem, dat gedurende 1 seconde zendt met een vermogen van 2W, dan 7 seconden niet zendt, dan weer 1 seconde 2W, enz. zendt gemiddeld $2:8 = 0,25W$ Ave.</p> <p>Het gemiddelde zendvermogen is 0,25W Ave.</p>
Piek zendvermogen (Eng: Peak)	<p>Bovenbedoeld systeem zendt gedurende die ene seconde zijn piekvermogen uit.</p> <p>Het piekvermogen van dat systeem is dus 2 W.</p>
LAN en RLAN	Local Area Network: zie de beschrijving in de paragraaf over RLAN's.

7. Eenheden

ms = 0,001 seconde

mV = 0,001 volt

W = watt = joule per seconde

mW = 0,001 W

Hz = trillingen per seconde

kHz = 1 000 Hz

MHz = 1 000 000 Hz

1 MHz = 1 000 kHz

GHz = 1 000 000 000 Hz

1 GHz = 1 000 MHz

dB $20 \log(A/B)$ ["spannings-dB"] =
 $= 10 \log(C/D)$ ["vermogens-dB"]

A/B is een spanningverhouding;
C/D is de bijbehorende vermogensverhouding.

dBm $10 \log(P/0,001)$ met P in W

0,001W = 1 mW; vandaar de "m" in dBm.

dBW $10 \log(P)$ met P in W
Vaak wordt ook dB geschreven (en de toevoeging W weggelaten) als uit de context toch wel duidelijk is dat het dBW betreft.

dBW = dBm - 30

Bijlage C Piekvermogens van diverse typen zaktelefoons e.d.

Type	A/D	Piekvermogen ²¹	Gemiddelde vermogen	Frequentie
GSM Europees, o.a. D-net (D)	D	2W (handy) 8W (mobiel)	0,25W (handy) 1W (mobiel)	900 MHz „
Cell(ular) phone o.a. D-AMPS (VS)	D	0,6W (hand-held) 3W (mobiel)	0,2W (hand-held) 1W (mobiel)	900 MHz
Cell(ular) phone o.a. AMPS (VS)	A	0,8W (hand-held)	0,8W (hand-held)	band rond 860 MHz
NMT analoog o.a. C-net (D)	A	0,5W (handy) 2,5W (portable) 15W (mobiel)	0,5W (handy) 2,5W (portable) 15W (mobiel)	450 MHz „ „
NMT 900 o.a. ATF3 (NL)	A	1W	1W	band rond 900 MHz
TACS, NTACS, ETACS (tot 2005) o.a. Vodafone (UK) en Cellnet (UK)	A	0,6W	0,6W	band rond 900 MHz
DCS 1800, GSM 1800 o.a. E-net (D) en PCN (UK)	D	1W	0,125W	1800 MHz
DECT	D	0,25W	0,01W	1,9 GHz
FHSS LAN	D	0,1W	0,1W	2,4 GHz
CT 0	A	10mW	10mW	31 en 40 MHz
CT 1	A	10mW	10mW	900 MHz- band

²¹ "handy" is de in Duitsland gebruikelijke term voor zaktelefoon; "portable" is een draagbaar apparaat, dat nog wel eens als "schouder tas" wordt (werd?) meegenomen; "mobiel" is het apparaat zoals het in een voertuig is ingebouwd.

CT 2	D	10mW	5mW	900 MHz-band
Walkie talkie	A	2,5W	2,5W	435 MHz
Bakkies, CB (=Citizen Band in VS en UK)	A	4W	4W	27 – 28 MHz
UHF Walkie Talkie (VS: business-band)	A	5W	5W	450 / 465 MHz
Mobile radio (VS)	A	20W	20W	465 MHz
Amateur radio (VS)	A	5W	5W	465 MHz

Bijlage D Apneu monitoren uit Literatuurlijst No. [5]

Apnoemonitor

Hersteller	Gerätetyp	Serien-nummer	C 0,5 W	C 2,5 W	D 2 W	D 8 W	E 1 W	DECT	Bemerkung
GeTeMed	VG 100 IMP	01 95442	5	150	10	200			Atmung und Herzrhythmus werden fälschlich detektiert, Gerät erzeugt Reset und startet wieder selbsttätig.
Graseby	MR10S	820		10	5	50	1		Gerät erzeugt Reset und schaltet sich selbsttätig wieder ein oder muß wieder eingeschaltet werden. Herzfrequenz wird fälschlich detektiert.
Osypka	Baby Guard BS 1000	8901493	150	400	70	200	7		Es wird fälschlich Kindsbewegung erkannt.
Siss	Babycontrol AÜW 1	BC 7569	800	1400	40	400	3		Atmung und Herzrhythmus werden fälschlich detektiert.

Noot (niet uit [5]):

C = NMT 450 MHz (analoog)

D = GSM 900 MHz

E = DCS 1800

Bijlage E Literatuur

- [1] Invloed van 2 Watt GSM zaktelefoons op 205 medische apparaten - praktijkmetingen. TNO-onderzoeksrapport TG/95.044. 1 augustus 1995.
- [2] Invloed van DECT-zaktelefoons op 131 medische apparaten – praktijkmetingen. TNO-onderzoeksrapport TG/95.045. 1 augustus 1995.
- [3] Invloed van CT-2 zaktelefoons op 106 medische apparaten - praktijkmetingen. TNO-onderzoeksrapport TG/95.046. 1 augustus 1995.
- [4] Aanbevelingen voor het gebruik van zaktelefoons binnen instellingen voor de gezondheidszorg. Vereniging voor kantoor-, informatie- en communicatietechnologie bedrijven VIFKA, 1 september 1995 (Dit rapport is wereldwijd verspreid en bevat de samenvattingen van [1], [2] en [3]).
- [5] Boek: Tobisch, Rolf: "Mobilfunk im Krankenhaus – Einfluß von Mobiltelefonen auf lebensrettende und lebenserhaltende Medizintechnik". Rolf Tobisch, Werner Irnich. Stand Januar 1999; Schiele & Schön, Berlin. ISBN 3-7949-0640-3
- [6] Irnich, W. and R. Tobisch: "Mobile Phones in Hospitals". In: Biomedical Instrumentation and Technology van Januari/Februari 1999, pp. 28 – 34. Dit artikel is een samenvatting van het boek [5].
- [7] Artikel in ECRI's tijdschrift Health Devices van Oktober 1999 getiteld: "Cell Phones and Walkie-Talkies, Is it Time to Relax Your Restrictive Policies", pp. 409 – 413.
- [8] Medical Device Agency (UK): Electromagnetic Compatibility of Medical Devices with Mobile Communications. MDA Devices Bulletin DB 9702 dated March 1997. MDA Room 1207, Hannibal House, Elephant & Castle, London SE1 6TQ.
- [9] Norm IEC 60601-1-2, getiteld: "Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for safety. 2. Collateral standard: Electromagnetic compatibility - Requirements and tests". First edition 1993-04. Zie ook [10].
- [10] Draft 2^e editie van de norm IEC 60601-1-2, getiteld "Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for safety. 2. Collateral standard: Electromagnetic compatibility - Requirements and tests". Document Number: 62A/308/CDV, dated 2000-02-11.

Errata (verwerkt in deze uitgave)

TNO-onderzoeksrapport PG/TG/00.050 d.d. 28 april 2000 "Storing op medische apparatuur thuis door zaktelefoons e.d. – een praktijkonderzoek".

- Het ISBN-nummer van dit rapport is: 90-5412-064-9.
- Pag. 2 en pag. 7: Bij GSM/8W de volgende noot toevoegen:
Noot: GSM/8W komt in Nederland niet meer voor.
- Pag. 15: De verticale as van de figuur begint bij "01". Dit moet zijn: "0". (De "1" hoort er niet).
- Pag. 15 en pag. 34: Achter de eerste van de twee punten staat: "toe met het kwadraat van het zendvermogen". Dit moet zijn: "toe met de wortel uit het zendvermogen". (Het rekenvoorbeeld dat er achter staat illustreert dit verband).
- Pag. 17: De opmerking in kleine lettertjes bevat op de eerste regel de tekst: "dat 4 van 224 apparaten er 4 (2%) etc.". Dit moet zijn: "dat van 224 apparaten er 4 (2%) etc.". (De "4" hoort niet twee maal in deze zin te staan).