

ONZE ANTENNES EN ONZE GEZONDHEID.

Door John Devoldere, ON4UN

Als radioamateur dienen we niet alleen te voldoen aan de regelgeving inzake het bezit en het gebruik van zendapparatuur. Indien we een antenne willen "bouwen" dienen we ook te voldoen aan de regels inzake stedenbouw, en nu ook de regels inzake de invloed van de RF-straling op het menselijk lichaam.

Inderdaad, het Koninklijk besluit van 29/4/2001, aangevuld met het koninklijk besluit van 21/12/2001, beide houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz, zijn ook van toepassing voor de radioamateurs. Beide documenten zijn te downloaden van de UBA Web-site (www.uba.be).

We moeten niet alleen aan de norm voldoen omdat het wettelijk verplicht is, maar we dienen ook in te zien dat RF straling een reëel gezondheidsgevaar KAN inhouden. Als technici zijn we genoeg onderlegd om het onderscheid te kunnen maken tussen de vertelseltjes van de pers, en de realiteit. Dit artikel zal ook bijdragen om alles eens correct op een rijtje te zetten.

We zullen, in een paar afleveringen trachten uit te leggen hoe de zaken juist staan, en wat de radioamateur dient te doen om ook aan deze regelgeving te voldoen.

Ik wil bij deze gelegenheid het BIPT danken voor de gesprekken die we met de specialisten over dit onderwerp hebben gehad, en hun goedkeuring van het Excel berekeningsprogramma dat we verder zullen bespreken.

John Devoldere, ON4UN

januari 2002

1. Thermische effecten van RF straling op het lichaam.

Wanneer het menselijk lichaam wordt blootgesteld aan een elektromagnetische "bestraling" treedt er een verwarming op van het weefsel. Enkele kenmerken van deze "verwarming" zijn:

- De diepte van indringing is grootst bij lagere frequenties
- Bij zeer grote intensiteit kan er een irreversibele schade optreden, vergelijkbaar met derde graad brandwonden veroorzaakt door IR (warmte)-straling.
- De verwarming van het weefsel wordt tegengewerkt door de bloedstroom die als een soort koelvloeistof werkt.
- Bepaalde weefsels zijn veel gevoeliger aan schade dan andere (netvlies v.d. ogen, hersenen, testikels enz).
- De thermische effecten veroorzaakt door RF straling zijn het meest uitgesproken op frequenties waar het lichaam of een deel van het lichaam in resonantie kunnen komen. Voor een volwassen persoon ligt die resonantiefrequenties rond 35 MHz als het lichaam "geaard" is en rond 70 MHz als het lichaam geïsoleerd is opgesteld. Verder heeft het hoofd van een volwassene een natuurlijk resonantiefrequentie van ca. 400 MHz, wat dus een belangrijke factor is voor de evaluatie van stralingsgevaaren van een Hand-Held (portabel) op 70 cm band, gebruikt nabij het hoofd!
- Hoogfrequent stralingen **kunnen** niet allen gevaarlijk zijn, ze worden ook sedert vele jaren gebruikt als heilmiddel bij een aantal ziektes en worden courant toegepast bvb. in de kinesithérapie.

SAR

Bij blootstelling aan RF straling is de hoeveelheid energie die het menselijk lichaam per tijdseenheid daadwerkelijk opneemt (absorptietempo) bepalend voor de aard en de omvang van de mogelijke gevolgen. Het specifieke absorptietempo (Engels: Specific Absorption Rate) is het tempo waarin de elektromagnetische energie per massa-eenheid (biologisch) weefsel wordt geabsorbeerd. Deze wordt uitgedrukt in **W/Kg**.

Het is interessant te weten dat de metabolische warmteproductie van het lichaam van een volwassene (in rust) ca. 80 Watt bedraagt. Dit is het vermogen dat ervoor zorgt dat de normale lichaamstemperatuur ca. 37°C bedraagt. Voor een normaal lichaamsgewicht van 80 kg betekent dit een vermogen van 1 W/Kg. Bij een matige lichaamsinspanning stijgt dit reeds tot ca 4W/Kg, en het eigen regelmechanisme

van het lichaam, gecontroleerd van uit de hersenen, zorgt ervoor dat ook dan de lichaamstemperatuur beneden 37°C blijft door voor extra afkoeling te zorgen bvb door sneller ademen, zweten en versnelde bloedsomloop (koelvloeistof).

Indien energie van buitenuit wordt geabsorbeerd kan een gezond lichaam de bijkomende energie moeiteloos verwerken op voorwaarde dat deze energie slechts een klein deel is van de eigen warmteproductie.

Het opnemen van RF-energie door het lichaam kan echter in heel specifieke gevallen, vooral op zeer hoge frequenties, zeer lokaal zijn, en tot zogenaamde **hot spots** leiden, d.w.z. dat de dissipatie van het opgenomen vermogen heel lokaal gebeurt, en dat het lichaamseigen warmte-controlesysteem in de hersenen dit niet waarneemt. We denken hierbij aan de mogelijke gevaren van straling van portabele GSM telefoons, die heel dicht bij de hersenen worden gebruikt, alsook aan de gevaren van zeer gebundelde energie van bvb radar-antennes die bvb onherstelbare schade aan de ogen kunnen teweegbrengen. Het is dus niet alleen de totale hoeveelheid opgenomen energie (per tijdseenheid) die belangrijk is maar tevens de frequentie (penetratiediepte, en het resonantie-effect dat gebonden is aan de verhouding golflengte / afmeting van het bestraalde lichaam), de invalshoek alsook de afmetingen van de stralingsbundel (al dan niet zeer geconcentreerd).

De opwarming van ons lichaamsweefsel door RF straling is waarneembaar als warmte, vanaf niveaus van vermogendichtheid (zie verder) van ca. 300W/m². Dit zijn echter niveaus die honderden malen hoger liggen dan wat als "veilig" wordt beschouwd. Wanneer je dus in een RF stralenbundel een gevoel van warmte gewaar wordt heb je duidelijk de veiligheidsgrens ver overschreden. De tijd speelt echter ook een rol, en de cellen sterven niet onmiddellijk (zie verder onder "tijdsfactor"), zodat een heel kortstondige overmatige blootstelling voor de meeste soorten cellen niet noodzakelijk tot catastrofale gevolgen leidt. Onder normale omstandigheden zijn het alleen professionelen (onderhoudspersoneel) die gevaar lopen aan degelijke stralingsniveaus te worden blootgesteld, maar ook radioamateurs die op VHF/UHF met zeer hoge-winst antennes werken (vb voor moon-bounce) dienen de nodige voorzorgsmaatregelen te nemen om nooit op korte afstand in de focus van dergelijke werkende antennes te komen.

Wetenschappelijk onderzoek heeft uitgewezen dat een verhoging van de weefseltemperatuur van 1°C nadelige effecten kan hebben. Deze waarde is wereldwijd aanvaard als uitgangspunt voor de verdere afleiding van de normen terzake. Het vermogen vereist om de temperatuur van een massa van 1 kg met 1°C te doen stijgen is 4 W. In bovenstaand geval spreken we dus van een SAR van 4 W/Kg.

Het bovenstaande getal is het basisgetal, waarin in elk geval een veiligheidscoëfficiënt wordt toegevoegd, coëfficiënt die verschillend is naargelang de omstandigheden, en ook en vooral van land tot land, waar die veiligheidscoëfficiënten dikwijls het gevolg schijnen te zijn van politiek opbod.

Vermogendichtheid of stralingsfluxdichtheid

SAR waarden (uitgedrukt in W/Kg) kunnen niet worden gemeten. Daarom wordt courant gebruik gemaakt van het begrip **vermogendichtheid** (S uitgedrukt in W/m²), i.p.v. SAR. Bij hoge frequenties is de penetratiediepte in het lichaam immers gering. De vermogendichtheid geeft een energiestroom per oppervlakte-eenheid loodrecht op een oppervlak.

De relatie tussen SAR en vermogendichtheid is frequentieafhankelijk. In de USA (IEEE/ANSI) zien we dat deze frequentieafhankelijk relatie over het ganse spectrum tot 2 GHz wordt gerespecteerd, terwijl de Europese instanties het houden bij een constante waarde beneden 400 MHz.

Bij het opmaken van normen hebben de specialisten ook een onderscheid gemaakt tussen gecontroleerde en ongecontroleerde zones. Een ongecontroleerde zone is een zone waar iedereen kan komen, in tegenstelling met een gecontroleerde zone waar alleen gekwalificeerd personeel kan intreden. Uw eigen QTH wordt als gecontroleerde zone aanzien.

Voor ongecontroleerde omgeving:

Frequentie (band) In MHz	ICNIRP richtlijn (W/m ²)	European Council Recommendation (1999/519/EC) (*1)	Vermogendicht -heid volgens Belgische norm (W/m ²)	Vermogendicht -heid (W/m ²) volgens IEE/ANSI	Vermogendicht -heid volgens Duitse norm Vfg 306/1997 (W/m ²) (*1)
1,8	Geen norm	64,8	Geen norm	450	64,8
3,5	Geen norm	46,5	Geen norm	112	46,5
7	Geen norm	32,8	Geen norm	33,8	32,8
10	2,0	2,0	0,5	17,5	2,0
14	2,0	2,0	0,5	8,8	2,0
18	2,0	2,0	0,5	5,5	2,0
21	2,0	2,0	0,5	4,0	2,0
25	2,0	2,0	0,5	2,9	2,0
28	2,0	2,0	0,5	2,1	2,0
50	2,0	2,0	0,5	2,0	2,0
144	2,0	2,0	0,5	2,0	2,0
430	2,15	2,15	0,54	2,8	2,15
1,2 GHz	6,0	6,0	1,5	4,1	6,0
2,3 GHz	10	10	2,5	1,0	10
5,6 GHz	10	10	2,5	1,0	10

ICNIRP: International Commission of Non-ionizing Radiation Protection

IEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

ANSI: American National Standards Institute

(*1) : de waarden zijn opgegeven als maximale elektrische veldsterkte (V/m) en overeenstemmende maximale magnetische veldsterkte (A/m), De in de tabel opgenomen waarde is het product, wat steeds toepasbaar is in het verre veld (elektrische x magnetische veldsterkte = vermogendichtheid)

Verder zien we dat de Duitse norm zich volledig heeft opgelijnd met de Europese (en CNIRP) richtlijn, terwijl de Belgische norm het een factor 4 beter (???) heeft willen doen, en dit op advies van de HGR (Hoge Raad voor Gezondheidszorg). De HGR verwerpt dus de veiligheidscoëfficiënt die weerhouden is in de ICNIRP-richtlijn, zonder de logica hiervan echter te bewijzen.

De vermogendichtheid is sterk afhankelijk van de afstand tot de bron. Er doen zich twee gevallen voor. In de onmiddellijke nabijheid van de bron (antenne) spreekt men van het "**nabije veld**", verder spreekt men van het "**verre veld**". De overgang van nabije naar verre veld wordt door verschillende bronnen op verschillende afstanden vastgelegd, maar gebeurt steeds op een fractie van de golflengte van de antenne.

De heersende regelgeving betreft alleen het "verre veld". Voor de radioamateurs, die (weliswaar meestal in een gecontroleerde omgeving, dwz waar het gewone publiek geen toegang heeft) kan het echter belangrijk zijn te weten wat de vermogendensiteiten zijn in de onmiddellijke nabijheid van de antennes, vooral op de lage banden (vooral 160, 80 en 40 m).

In het nabije veld dient men afzonderlijk de magnetische en de elektrische veldsterkte te berekenen of te meten. In het nabije veld geldt immers de relatie $E/H = Z_0 = 377 \text{ Ohm}$ (zie verder) niet.

Wanneer we nu de op deze manier bekomen veldsterktes vergelijken met deze gemeten in het nabije veld (op gelijke afstanden) dan stellen we vast uit modellen en uit praktische metingen dat de waarden bekomen via de formules voor het verre veld volstaan en dit voor afstanden tot op ongeveer $\lambda/4$ van de antenne verwijderd.

We dienen dus in eerste instantie naar de situatie in het verre veld te kijken, waar de vermogensdichtheid afneemt met de kwadraat van de afstand. Verdubbelt men de afstand naar de bron, dan zal de vermogendichtheid 4 maal kleiner worden.

In het verre veld geldt volgende betrekking:

vermogendichtheid $S_{(W/m^2)}$ = de elektrische veldsterkte $E_{(V/m)}$ x magnetische veldsterkte $H_{(A/m)}$
--

Elektromagnetische veldsterkte

Het verband tussen de elektrische en de magnetische veldsterkte in het verre veld is:

$E/H = Z_0 = 377 \text{ Ohm}$

Hieruit: $E = S/H$ of ook nog

$E = (S \times 377)^{1/2}$
--

$H = S/E$ of

$H = (S/377)^{1/2}$

Voorbeeld: voor $S = 0,5 \text{ W/m}^2$
 is $E = (0,5 \times 377)^{1/2} = 13,7 \text{ V/m}$
 is $H = (0,5/377)^{1/2} = 0,036 \text{ A/m}$

De meest gebruikte grootheid in de verschillende normen is de elektrische veldsterkte.

De tijdsfactor

De biologische schade aangericht aan een cel van een biologisch weefsel door RF-verhitting is NIET cumulatief op celniveau. Dit wil zeggen dat we bepaalde cellen over een kortere tijd verschillende graden mogen opwarmen, en daarna laten afkoelen, zonder schadelijke gevolgen. Dit is van belang voor het vaststellen van de veilige stralingsniveaus in geval van radioamateurstations, waar de uitzendingen meestal (tenzij bakens en repeaters) van korte duur zijn met langere tussenpauzes. Dit effect wordt in de meeste normen ook gereflecteerd door het feit dat men een spreekt van een gemiddelde SAR over een bepaalde periode. De Europese pre-norm alsook het Belgische K.B (zie hieronder) spreken over een gemiddelde over elke periode van 6 minuten.

De invloed van de soort modulatie

De Belgische wetgeving zegt "Buiten de veiligheidszone mag de over het ganse lichaam gemiddelde SAR tengevolge van elektromagnetische straling niet hoger zijn dan 0,2 W/Kg (gemiddeld over een willekeurige periode van 6 min)". Dit wil zeggen dat men het gemiddelde uitgangsvermogen van de zender in rekening kan brengen, m.a.w. dat men rekening kan houden met het gebruikte modulatietype. Onderstaande tabel is overgenomen van een FCC richtlijn, en geeft de correctiefactoren weer als functie van de emissie-types. De waarden in deze tabel werden door het BIPT aanvaard.

Mode	afkorting	Correctie-factor
SSB	J3E	0,2
SSB met compressor	J3E	0,5
AM (m=100%)	A3E	0,3
AM (m=100%)	A3E	1,0
AM (m=0%)	A3E	0,5
CW	A1A	0,4
ATV	C3F	0,6
ATV (FM)	F3F	1,0
FM	F3E	1,0
RTTY	F2B, J2B	1,0
SSTV	J3F	1,0
TUNE (full carrier)	-	1,0

2. De Normen in België

2.1 Het KB van 29/4/2001

Dit "Koninklijk Besluit betreffende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz" betreft alleen het frequentiespectrum boven 10 MHz. Beneden 10 MHz is er geen norm gesteld.

De norm is eenvoudig:

- Het uitzendingsvermogen per "zendmast" moet maximaal beperkt worden, rekening houdend met de kwalitatieve dienstverlening.
- Buiten de veiligheidszone mag de over het ganse lichaam **gemiddelde SAR** tengevolge van elektromagnetische straling **niet hoger zijn dan 0,02 W/Kg** (gemiddeld over een willekeurige periode van 6 min). Dit komt overeen met:

Frequentie	Vermogendichtheid (S in W/m²)	Elektrische veldsterkte (E in V/m)
10 MHz to 400 MHz	0,5	13,7
400 MHz tot 2 GHz	F/800	0,686 (f) ^{1/2}
2 GHz tot 10 GHz	2,5	30,7

Waarbij: f = frequentie in MHz

Veiligheidszone: de zone rond de zendmast waar het publiek geen toegang heeft.

Alhoewel er geen waarden zijn opgegeven voor frequenties beneden 10 MHz, lezen we in het "verslag aan de Koning" dat de eigenlijke tekst van het K.B. van 29 april 2001 vergezelt: "Voor de overige frequenties gelden de Europese en internationale aanbevelingen". In de tabel onder par. 1 zijn deze waarden opgenomen voor de 1.8, 3.5 en 7 MHz band (respectievelijk max. 64,8 V/m, 46,5V/m en 32,8 V/m). Vermits er in het K.B. niet naar wordt verwezen, zijn deze normen (er is trouwens niet gespecificeerd welke) strikt genomen niet van toepassing.

Het KB van 29/4/2001 stelt duidelijk wat de gemiddelde toegelaten vermogendichtheid is (over een willekeurige periode van 6 minuten), cumulatief veroorzaakt door alle bronnen (die een invloed hebben op de plaats van belang). Het stelt dus niet welke veldsterkte (of vermogendichtheid of vermogenflux) door een bepaalde zender/antennecombinatie in een willekeurig punt (van de niet gecontroleerde ruimte) mag worden veroorzaakt, m.a.w. als je zender/antennecombinatie (die werkt tussen 10 MHz en 400 MHz) een veldsterkte veroorzaakt die lager ligt dan 13,7 V/m wil dit NIET automatisch zeggen dat aan de regelgeving is voldaan. Om dat te weten dient men in principe de veldsterkte te kennen die in dat punt wordt veroorzaakt door alle andere bronnen (in de omgeving). We noemen dit het residuele veld. In landelijke gebieden, ver van andere antennes zal het residuele veld zeer laag liggen, maar in de buurt van bv radio en TV omroepantennes kunnen deze residuele velden belangrijk zijn!

In het K.B. is het BIPT verantwoordelijk gesteld voor metingen terzake en controles. In dit K.B is er echter geen rol toebedeeld aan het BIPT betreffende het al dan niet goedkeuren van dossiers i.v.m dergelijke installaties. In principe kunnen ze alleen metingen doen op vraag van betrokken ministers.

Op het ogenblik van de publicatie van dit K.B. werden zowat alle bouwaanvragen voor antennes door stedenbouw geblokkeerd. Het ging hier niet alleen om dossiers van de GSM operatoren e.a. grote netwerken, maar ook om een aantal dossiers van radioamateurs. Het K.B. heeft hieraan geen oplossing gegeven, want geen enkele instantie is door de wetgever bevoegd verklaard om de betrokken dossiers goed te keuren.

Commentaar bij deze norm:

- Geen norm beneden 10 MHz ?
- In vergelijking met Duitsland is de Belgische norm 2 x strenger (Duitsland: vb: 1- 400 MHz: 27,5 V/m) als veldsterkte en uiteraard 4 x strenger als vermogendensiteit.

- In vergelijking met VSA: veldsterkte: vb.: 28 MHz; 27.5 V/m (dus 2 x strenger)
- De norm stelt **niet** aan wat er dient voldaan in de zgn. “gecontroleerde omgeving”, dit in tegenstelling van bvb de Amerikaanse norm.
- Er is geen instantie die technische dossiers kan goedkeuren, m.a.w alle hangende dossiers bleven geblokkeerd.

2.2 Het K.B. van 21/12/2001

Blijkbaar vooral onder druk van de operatoren, die sedert maanden geen vergunningen meer konden bekomen voor het bouwen van antennes, werd een tweede koninklijk besluit opgesteld. Het K.B. van 21/12/2001 “**tot wijziging van het koninklijk besluit van 29/4/2001 houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz**” geeft een oplossing aan een aantal hierboven vermelde problemen.

In eerste instantie wordt onderscheid gemaakt tussen **eigen SAR** (de SAR veroorzaakt door de antenne die voorwerp uitmaakt van het dossier) en **totale SAR**, d.i. de SAR veroorzaakt door het geheel van de antennes die in het betrokken punt een elektromagnetisch veld produceren. De norm, opgesteld in het eerste KB, nl. een SAR van **0,02 W/Kg** (dit is bvb 13,7 V/m tussen 10 MHz en 400 MHz) geldt **als totale SAR norm** (zie ook par 2.1). De **eigen SAR** limiet is gesteld op 5 % van de totale SAR limiet (dus **0,001 W/Kg**).

Verder is het BIPT een rol toebedeeld die voor de hand lag, en die in het eerste K.B. duidelijk ontbrak: het BIPT zal alle dossiers van bouwers en gebruikers van zendmasten onderzoeken en goedkeuren. Ten derde is de termijn vastgelegd binnen welke de reeds bestaande zendmasten dienen te zijn “behandeld”

Elkeen die een zendmast in gebruik wil nemen zal een technisch dossier opstellen, waarin hij **de eigen SAR** (of de equivalente veldsterkte) berekent in alle kritische punten. Wat zijn kritische punten? Dit zijn de grenzen tussen de gecontroleerde zone (in het geval van de radioamateur meestal zijn “erf”) en de niet gecontroleerde zone, alsook de relevante meetpunten in de nabije omgeving, zoals er zijn: aan de openbare weg en aan de woonst van de buren (eventueel berekend op verschillende hoogtes).

Indien uit het dossier blijkt dat de eigen SAR **beneden 0,001 W/Kg** (de zogenaamde eigen SAR limiet) ligt, dan gaat men er van uit dat de bijdrage van deze **eigen SAR** laag genoeg ligt om de totale SAR niet noemenswaardig te beïnvloeden zodat hij de totale SAR norm van 0,02 W/Kg zou doen overschrijden.

De eigen SAR norm van 0,001 W/Kg wordt als volgt vertaald:

Frequentie	Vermogendichtheid (5%) (S in W/m²) (*)	Elektrische veldsterkte (E in V/m) (*)
10 MHz to 400 MHz	0,025	3.07
400 MHz tot 2 GHz	F/16000	0,154 (f) ^{1/2}
2 GHz tot 10 GHz	0,125	6.86

Indien uit berekeningen blijkt dat aan de eigen SAR limiet van 0,001 W/Kg is voldaan, volstaat het dat de **betrokkene het dossier van zijn berekeningen opstuurt aan het BIPT. Dit dossier wordt “Technisch Antennedossier” genoemd.** Het BIPT zal een document opmaken dat bevestigt dat een dossier werd ingediend, conform met de eisen van het K.B. Het BIPT zal verder geen acties ondernemen.

Indien uit de berekeningen blijkt dat de limiet van 0,001 W/Kg is overschreden zal de aanvrager buiten de berekeningen van eigen SAR eveneens een **meetdossier** dienen voor te leggen aan het BIPT. Dit dossier wordt genoemd “**Attestdossier**”. De aanvrager dient de residuele SAR ter plaatse op te meten. Dit uitgebreide dossier dient aan het BIPT te worden overgemaakt. Indien uit het dossier blijkt dat aan de norm (0,02 W/Kg) is voldaan zal het BIPT een conformiteitattest afleveren na onderzoek van het dossier.

Beide dossiers dienen overgemaakt aan het BIPT. Sectie RF-straling, Sterrekundelaan 14B21, 1210 Brussel.

Zowel het "Technisch Antennedossier" als het Conformiteitattest kunnen door de aanvrager gebruikt worden bvb. bij stedebouw. Beide documenten stellen vast dat de installatie voldoet aan de wettelijke norm.

Deze dossiers dienen te worden voorgelegd aan het BIPT, en dit vòòr 31 december 2006. **Dit wil zeggen dat alle radioamateurs een dergelijk technisch dossier zullen moeten indienen bij het BIPT.**

Het 2de K.B. stelt duidelijk dat het niet gaat om zogenaamde mobiele installaties, dus niet over wat wij mobiele stations noemen, maar evenmin over portabele stations, inclusief hand-held stations (walky-talkies). Het is nochtans bewezen dat de opwarming van lichaamsweefsel door het gebruik van walky-talkies (zoals van GSM apparatuur) veel reëler is dan deze die veroorzaakt wordt door RF stralingen van vaste station, zelfs die met grote vermogens werken. Hier komen we later nog wel op terug.

Van waar de **eigen SAR** norm van 0,001 W/Kg ?

We kunnen makkelijk samengestelde velden berekenen (zie par 3.1.5.7), dus kunnen we ook makkelijk narekenen wat die eigen SAR norm 0,001 W/Kg (=3,07 V/m tussen 10 MHz en 400 MHz) betekent t.o.v. van de totale SAR norm van 0,02 W/Kg (=13,7V/m tussen 10 MHz en 400 MHz).

De vraag die we ons kunnen stellen is de volgende: veronderstel dat ik een (in de bovenvermelde frequentieband) eigen SAR bereken van 3,1 V/m, dit is dus marginaal boven de eigen SAR norm. Hoeveel andere "antennemasten" moeten er in mijn omgeving zijn om wel tot een totale SAR van 13,7 V/m te komen?

De meeste "antennemasten" die radioamateurs in hun omgeving zullen hebben (en die werken boven 10 MHz) zijn:

- GSM masten
- Lokale FM stations
- Politie, brandweer e.d.

Welke zijn nu de typische elektromagnetische velden die door dergelijke stations worden geproduceerd?

- GSM masten: hoogte 30 m, 2000 Watt EIRP, veld op 300 m (2 m hoogte) : ca 0,35 V/m
- FM zender: hoogte 30 m, 300 Watt EIRP, veld op 300 m (2 m hoogte): 0,25 V/m
- Politie, brandweer e.d.: hoogte 25 m, 250 Watt EIRP, veld op 300 m (2m hoogte): 0,25 V/m

*Indien men, in een straal van 300 m van het meetpunt, buiten de amateurantenne (die een veld van 3,1 V/m produceerde in het meetpunt), van elk der bovenvermelde antennemasten er 1 in gebruik heeft wordt het totale veld door de aanwezigheid van deze 3 additionele bronnen verhoogd **van 3,10 V/m tot 3,14 V/m** ! Dit is een totaal verwaarloosbare verhoging.*

*We kunnen nog wat verder gaan: als men van elk van deze 3 soorten antennemasten **TWINTIG** exemplaren binnen diezelfde straal van 300 m van het meetpunt heeft, dan nog zal het totaal veld slechts gestegen zijn (van 3.1 V/m) tot **3,85 V/m** ! M.a.w. de stijging veroorzaakt door de meest voorkomende antennemasten (GSM, lokale FM-stations, politieradio, brandweerradio e.d.) is zeer klein tot verwaarloosbaar tenzij ze minder dan een paar honderd meter van het meetpunt zijn verwijderd..*

Typische gegevens betreffende GSM masten: een GSM mast, met een totaal vermogen – alle kanalen samen - van 2000 W EIRP produceert (met een antenne met 15 dBi winst) een veld van 20,6 V/m (de norm voor 900 MHz) op slechts 12 m van de antenne! De grootste veldsterkte treedt op tussen 100 en 300 m van de antenne en bedraagt er beduidend minder dan 1 V/m op 2 m hoogte..

Men moet reeds geconfronteerd zijn met signalen van sterke zenders (bvb FM of TV omroepzenders) op zeer korte afstand om een beduidend residuele (background) elektromagnetisch-veld niveaus te hebben.

Een omroepzender met een EIRP van 250 kW met zijn antennes opgesteld op 200 m hoogte, produceert typisch volgende velden (op 2m hoogte):

P = 250 kW EIRP	
Afstand	Veld (V/m)
300m	0,47
500 m	0,77
1 km	0,93
2 km	0.76
5 km	0,46

Als de berekende veldsterkte voor uw amateur-antenne **3,1 V/m** bedraagt (marginaal te hoog om een automatische goedkeuring van het dossier te bekomen) dan zal een 250 kW EIRP zender op 1 km van uw amateurstation verwijderd (waar de veldsterkte van de omroepzender grootst is), het niveau **slachtst** doen stijgen tot **3,24 V/m**, en dat is dan nog met de GSM mast en het politiestation erbij gerekend!

Dit wil ook zeggen dat in de meeste locaties, waar men binnen een paar honderd meter geen omroepzenders met een EIRP vermogen van honderden KW heeft, het residueel niveau laag zal liggen, en het verschil van de berekende eigen SAR met de totale SAR totaal verwaarloosbaar zal zijn.

De keuze van de limiet van **3.07 V/m** als eigen SAR niveau lijkt ons **ULTRA CONSERVATIEF**, en lijkt ons alleen verantwoord in situaties waar in een zeer nabije omgeving vele hoog-vermogen installatie staan opgesteld, zoals bvb op hoge torengebouwen in steden, of in de onmiddellijke nabijheid van zeer hoge vermogens omroepzenders (Wavre?). In dit opzicht lijkt het ons logisch moest er een onderscheid gemaakt zijn tussen dergelijke situaties en de meer klassieke situaties die waarschijnlijk 99 % van de gevallen voor radioamateurs vertegenwoordigen.

PS. Het Excel berekeningsprogramma, dat verder in detail wordt toegelicht, en dat door elkeen gratis kan worden bekomen (nog een service van de UBA!), laat u toe dergelijke velden te sommeren en simulaties uit te voeren.

2.2 Regionaal niveau

In januari 2002 is er in geen van de gewesten een additionele regelgeving van kracht, alhoewel de gewesten elk op hun beurt hier reeds veel hebben over overlegd. Het lijkt er nu echter op alsof de regio's zich bij deze federale regelgeving zullen neerleggen.

3. Hoe kunnen we nagaan of ons amateurstation aan de normen voldoet?

Voor elk dossier zullen we de eigen SAR dienen te berekenen. Indien deze de norm van 0,001W/Kg overschrijdt zullen we daarenboven het residueel niveau (geïntegreerd tussen 10 MHz en 10 GHz) dienen te meten.

3.1. Berekenen.

Hoe gaan we nu de eigen SAR (of equivalente veldsterkte) geproduceerd door onze zender plus antenne berekenen?

3.1.1 EIRP

We dienen eerst het **EIRP** (Effective Isotropic Radiated Power) te berekenen voor de zendinstallatie. Dit zal verschillend zijn voor elke frequentie(band) en elke antenne, we zullen dit dus moeten doen voor elk afzonderlijk geval.

We gaan uit van het uitgangsvermogen van de zender, rekenen met de verliezen (van bvb connectoren, voedingslijn enz) en met de winst van de gebruikte antenne (t.o.v. een isotropische antenne).

Het BIPT schrijft in zijn richtlijn voor dat de "free space gain" dient gebuikt te worden voor de berekening van de EIRP.

Een zender met een uitgangsvermogen van 100 Watt en een antenne met een zeer hoge winst van 20 dB (op VHF, UHF) heeft en EIRP van 10 KW! Maar let op, er is nergens 10 kW! Het vermogen dat wordt uitgezonden blijft 100 Watt. Het wil alleen zeggen dat om eenzelfde signaal te produceren met een isotrope antenne (theoretische antenne zonder winst) men een vermogen van 10 KW zou moeten steken in die antenne. EIRP is dus een "fictief" begrip!

Voorbeeld:

Uitgangsvermogen zender: 1000 Watt

Verliezen in 50 m RG213 coaxiaal kabel op 14 MHz: 1,16 dB

Verliezen in connectoren: 0,3 dB

Antennewinst 3 el Yagi (t.o.v. een isotropische antenne) = 7,0 dB

Totale "winst" = 7 - 1,16 - 0,3 = 5,54 dB

5,54 dB komt overeen met een vermogenverhouding van 3,5809 (zie verder onder "Omzetting dB naar vermogenverhouding")

EIRP = 1000 x 3,5809 = 3581 Watt

3.1.2 Correctie voor MODE

Indien het hierboven EIRP vermogen gaat over een CW zender, mag men een correcte invoeren van 0,4. Het EIRP wordt dus 3581 x 0,4 = 1432 Watt.

Zie tabel onder par. 1

3.1.3 Correctie over willekeurige 6-minuten periode.

Indien we kunnen stellen dat in een willekeurige 6-minuten interval, de zender nooit meer dan 3 minuten in de lucht zal zijn, gevolgd door een "pauze"-periode van 3 minuten, mag men een correctiefactor van 0,5 invoeren. Een factor kleiner dan 0,5 wordt in geen geval aanvaard.

In het geval van ons voorbeeld, en in de veronderstelling dat bovenstaande assumptie correct is, wordt het nieuwe EIRP:

$P_{\text{min}} = 1432 \times 0,5 = 716 \text{ Watt}$

3.1.4 Berekening van de veiligheidsafstand

De relatie tussen EIRP en de waarde van het elektrisch veld (in het verre veld) is gegeven door:

$$E_{(V/m)} = (30 \text{ EIRP}_{(W)})^{1/2} / d_{(m)}$$

Met d = afstand in m

Hieruit leiden we de veiligheidsafstand d af:

$$d_{(m)} = (30 \text{ EIRP}_{(W)})^{1/2} / E_{(V/m)}$$

Voor ons voorbeeld geldt:

$D = (30 \times 716)^{1/2} / 13,7 = 10,69 \text{ m}$

We moeten ons realiseren dat het hier gaat om de straling in het vlak van de antenne, in de voorkeursrichting van de antenne. Als we de antenne bvb op een hoogte van 10 m zouden hebben, is 10,69 m de minimum veiligheidsafstand voor iemand die zich op een hoogte van 10 m bevindt, en

precies in de voorkeursrichting van de antenne, *in de veronderstelling dat het residuele veld (van andere bronnen) gelijk is aan NUL.*

Horizontale directiviteit van de antenne: Voor alle andere azimuthale richtingen zal de veiligheidsafstand (veel) kleiner zijn (tenzij het gaat om een omnidirectionele antenne), maar het ligt voor de hand dat we de veiligheidsafstand willen berekenen in de gevaarlijkste omstandigheid. Voor een draibare antenne gaan we er bvb van uit dat de antenne steeds naar het meest kritische punt staat gedraaid. Voor vaste antennes kan men rekening houden met het horizontale richtingsdiagramma om de veldsterkte in bepaalde kritische punten te berekenen.

Verticale directiviteit: De meeste antennes hebben een verticale directiviteit, waardoor het meeste vermogen op 0 graden wordt afgestraald, en minder naarmate de verticale stralingshoek (ook naar beneden!) groter wordt.

3.1.5 Berekeningsmethodiek en voorbeelden

3.1.5.1 Omzetting winst dB naar lineaire vermogenverhouding

Om de EIRP van onze installatie te berekenen vertrekken we van het uitgangsvermogen van de zender waarna we de verliezen van de voedingskabel, connectoren e.d. in rekening brengen alsook de winst van de antenne t.o.v de **isotrope antenne**. Deze verliezen/winsten zijn uitgedrukt in dB. Uiteindelijk moeten we de gesommeerde dB waarde omzetten naar een lineaire vermogenverhouding, en uiteindelijk dat getal gebruiken om te vermenigvuldigen met het uitgangsvermogen van de zender om de EIRP te berekenen (in deze vereenvoudiging is geen rekening gehouden met correctiefactoren die te zien hebben met de transmissie-mode of het tijdsaspect).

De omzetting van de gesommeerde dB waarde [$G_{(dB)}$], naar vermogen-verhouding (ratio) gebeurt als volgt:

Lineaire vermogenverhouding = antilog ($G_{(dB)}/10$)

3.1.5.2 Nominale verliezen in voedingskabels

Raadpleeg de gegevens van de fabrikant of literatuur terzake (bvb. uit het ARRL Handbook).

3.1.5.3 Verzwakking connectoren e.d.

De verzwakking van elk element tussen de zender en de antenne kan in rekening gebracht worden om de EIRP te berekenen. We denken hierin o.a. aan connectoren, maar ook bvb de verzwakking veroorzaakt door SWR meters e.d.

Men kan stellen dat de verzwakking van connectoren in de grootteorde van 0,05 tot 0,1 dB ligt van 1MHz tot 30 MHz, en tussen 0,1 en 0,5 dB voor de VHF/UHF/microgolf banden, terwijl het tussenschakelverlies voor een typische SWR brug op ca 0,2 dB kan geschat worden. Indien de gegevens van de fabrikant voorradig zijn is het best deze te gebruiken.

3.1.5.4. Antenne-winst

Bij het berekenen van de EIRP is de kennis van de antenne-winst het belangrijkste element. Indien het gaat om een commerciële antenne, kan men steeds de gegevens van de fabrikant gebruiken. Men moet er zeker van zijn dat het om dBi winst in de vrije ruimte gaat. Dikwijls publiceren de fabrikanten winst getallen van antennes boven de grond. Deze zijn onbruikbaar. Let eveneens op voor geïnflateerde getallen die door verkopers zijn opgesteld. Hierna volgen de typische gegevens voor een aantal antennes. Zijn weergegeven: het verloop van de winst (dBi) voor een verticale stralingshoek gaande van 0° graden (perfect horizontaal, naar de horizon) tot 90° (recht naar beneden onder de antenne). **Let wel op het gaat niet om de waarden van het klassieke horizontale richtingspatroon maar wel om het verticale patroon!**

Deze zijn gemiddelde waarden, bekomen door antennemodellering. Men kan uiteraard bij voorkeur de precieze waarden gebruiken opgegeven door de leverancier of bekomen door modellering van de gebruikte antenne.

Antenne:	Hor. $\frac{1}{2} \lambda$ dipool	Inverted V dipool	FD4-80	FD4-40	FD40-20	FD40-17	FD40-12	FD40-10
0°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
10°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
20°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
30°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
40°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
50°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
60°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
70°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
80°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
90°	2.15	1.65	2.15	3.2	3.8	5.7	4.9	7.1
3dB hoek hor	78°	98°	78	-	-	-	-	-
3dB hoek vert	-	-	-	-	-	-	-	-
Opmerk.	(1)		(2)					

- (1) Het BIPT schrijft voor dat de free-space winst dient te worden gebruikt voor de berekeningen
(2) De FD4 is een volle halve golf lang op 80 m. Op de andere banden is de antenne een veelvoud van een kwart golf lang. Hieruit volgt een stralingspatroon met meerdere smalle lobes, en een overeenkomstig grotere winst (althans in die smalle lobes). Oggegeven zijn de winstgetallen in de vrije ruimte.

Antenne:	Vertical e dipool	$\frac{1}{4} \lambda$ vert op de grond	$\frac{1}{4} \lambda$ vert horiz. rads	$\frac{1}{4} \lambda$ vert sloping rads	2 el yagi	2 el- quad	3 el yagi	3 el triband yagi
0°	2.16	1.5	1.5	2.1	6.6	7.4	7.5	6.0
10°	2.16	0.4	0.4	1.9	6.5	7.3	7.3	5.8
20°	2.16	1.1	1.1	1.4	6.3	6.9	7.15	5.65
30°	2.16	0.5	0.5	0.6	5.9	6.2	6.8	5.3
40°	2.16	-0.4	-0.4	-0.6	5.4	5.3	6.3	4.8
50°	2.16	-1.8	-1.8	-2.2	4.7	4.1	5.6	4.1
60°	2.16	-3.8	-3.8	-4.8	3.9	2.6	4.7	3.2
70°	2.16	-7.0	-7.0	-8.0	2.9	0.9	3.7	3.3
80°	2.16	-12.7	-12.7	-14.0	1.6	1	2.6	1.1
90°	2.16	-99.9	-99.9	-99.9	0.1	-2.9	1.1	-0.4
Boomlengte	-	-	-	-	0.08 λ		0.25 λ	-
3dB hoek hor	-	-	-	-	68°	73°	61°	61°
3dB hoek vert	78°	78°	78°	85	127°	93°	91°	91°
Opmerk.		(3)	(4)	(5)				(6)

- (3) Het BIPT schrijft voor dat de free-space winst dient te worden gebruikt voor de berekeningen.
(4) Kwart golf (of kortere) verticale antenne (type Ground Plane), opgesteld boven de grond met (4) horizontaal opgestelde radialen. Vermits geen verliezen in rekening worden gebracht zijn de winst getallen dezelfde als voor de verticale antenne "op de grond".
(5) Kwart golf (of kortere) verticale antenne opgesteld boven de grond met 4 aflopende (sloping) radialen
(6) Voor de drieband yagi (typisch met traps) zijn de cijfers gebaseerd op deze van een full-size 3 element yagi min 1.5 dB (trap verliezen en compromis verliezen)

Antenne:	4 el yagi	5 el yagi	6 el yagi	6 el KLM	7 el yagi	11 el yagi	15 el yagi	16el yagi
0°	8.3	10.5	11.0	10.6	11.9	14.4	16.2	16.4
10°	8.2	10.2	10.7	10.0	11.5	13.4	14.7	15.0
20°	7.8	9.4	9.6	9.1	10.1	12.5	10.2	8.7
30°	7.2	7.9	7.6	7.0	7.8	4.4	-1.8	-3.6
40°	6.3	5.5	4.2	3.0	3.1	-8.0	-8.8	2.0

50°	5.1	2.1	-0.9	-0.3	-0.5	1.5	-8.8	-13.0
60°	3.6	-1.9	-3.2	-20.0	-0.7	.11.0	-8.8	-9.0
70°	1.5	-3.0	-0.2	-4.5	-0.8	-1.5	-8.8	-5.0
80°	-1.0	-1.8	-1.2	0.0	-25.0	-6.0	-8.8	-12.0
90°	-4.0	-1.5	-0.4	-1.0	-10.7	-10.0	-8.8	-13.0
Boomlengte	0.37 λ	0.7 λ	0.9 λ	0.83 λ	1.15 λ	2.56 λ	4.03 λ	4.17 λ
3dB hoek hor	50 °	50 °	47 °	48 °	43 °	32 °	28 °	27 °
3dB hoek vert	85 °	64 °	57 °	58 °	50 °	39 °	30 °	30 °
Opmerk.				(7)				

(7) Populaire KLM big-stick long yagi met 2 gevoedde elementen.

Antenne:	17 el yagi	17 el yagi	2 x 17 el vert stack	4 x 17 el quad stack	18 el yagi	22 el yagi	31 el yagi	35 el yagi	2 x 35 el vert stack
0°	16.6	18.1	20.7	23.3	17.4	18.5	19.5	20.1	22.1
10°	15.0	15.6	12.7	14.0	15.0	16.0	16.8	16.6	12.1
20°	10.0	8.1	3.2	7.0	14.0	8.5	-10.5	5.1	-2.9
30°	-3.5	-2.0	-10.0	7.0	1.5	2.5	-5.5	-7.9	4.1
40°	0.0	-10.0	-25.0	-7.0	-12.5	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9
50°	-9.0	-4.0	-10.0	-20.0	0.0	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9
60°	-15.0	-7.0	-5.0	-10.0	-8.0	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9
70°	-15.0	-8.0	-6.0	-10.0	-8.0	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9
80°	-16.0	-9.0	-7.0	-8.0	-8.0	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9
90°	-13.0	-10.0	-8.0	-10.0	-8.0	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9
Boomlengte	4.5 λ	6.13 λ			7.4 λ	10.4 λ	10.4 λ	13.1 λ	
3dB hoek hor	27 °	23 °	23 °	12.5 °	23 °	22°	20.5 °	16 °	16 °
3dB hoek vert	30 °	24 °	13 °	13 °	23.5 °	23 °	21 °	17 °	13 °
Opmerk.			(8)	(9)					(10)

(8): Twee 17 element yagis (boven elkaar, hor pol, afstand = 2 λ)

(9): Vier 17 element yagis in een quad (hor. Pol , hor en vert. stacking afstand = 2 λ)

(10): Twee 34 element yagis (boven elkaar, hor pol, afstand = 2 λ)

Antenne:	4 x 35 el quad stack	40 el yagi	2 elem colineair	4 elem. colineair	6 elem. Colineair	Loop Diam 0,02 λ	Loop Diam 0,03 λ	Loop Diam 0,04 λ	Loop Diam 0,06 λ	Loop Diam 0,08 λ
0°	23.8	20.9	4.8	7.6	9.3	-9	-3	-1	1	1.3
10°	13.8	16.4	4.0	4.0	0.3	-9.07	-3.07	-1.07	0.93	1.23
20°	3.8	-6.0	1.3	-20.0	-5.4	-9.27	-3.27	-1.27	0.73	1.03
30°	-1.2	-9.0	-3.8	-5.5	-15.3	-9.62	-3.62	-1.62	0.38	0.68
40°	-6.2	-10.0	-14.4	-12.0	-14.8	-10.7	-4.7	-2.7	-0.7	-0.4
50°	-6.2	-10.0	19	-16.3	-13.2	-10.92	-4.92	-2.92	-0.92	-0.62
60°	-6.2	-10.0	-12.3	-11.5	-16.4	-12.01	-6.01	-4.01	-2.01	-1.71
70°	-6.2	-10.0	-12.6	-15.0	-31.5	-13.66	-7.66	-5.66	-3.66	-3.36
80°	-6.2	-10.0	-17.3	-23.0	-24.5	-16.6	-10.6	-8.6	-6.6	-6.3
90°	-6.2	-13.0	-99.9	-99.9	-99.9	-99	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
Boomlengte		13.5 λ								
3dB hoek hor	12.8 °	17.8 °	-	-	-					
3dB hoek vert	13 °	18 °	37	18	12					
Opmerk.	(11)					(12)	(12)	(12)	(12)	(12)

(11): Vier 35 element yagis in een quad (hor. Pol , hor. en vert. stacking afstand = 2 λ)

(12): Typische winst voor een magnetische loop antenne. De verliezen kunnen in grote mate variëren in functie van de uitvoering (verliezen in contacten, geleiders enz).

Opmerking: de 3dB openingshoeken zijn opgegeven in de veronderstelling dat de antennes opgesteld zijn voor horizontale polarisatie.

3.1.5.5 Spreadsheet-berekening met inachtnaam van vertikaal stralingspatroon.

Ik heb een klein spreadsheet programma opgesteld waarmee elkeen die over een computer met Excel (spreadsheetprogramma) beschikt alle berekeningen op een zeer eenvoudige manier kan doen.

Dit programma laat u toe een visualisatie te doen van de ruimtelijke zone die aan de normen voldoet, alsook de elektrische veldsterkte te berekenen in een willekeurig punt. Door het gebruik van een spreadsheet programma kan men makkelijk de input-parameters veranderen, en telkens onmiddellijk het resultaat observeren.

INPUTS		Tot SAR
Frequentie (MHz) =	28	veldsterkte
P(out) =	150	(V/m)
coax verlies (dB) =	2	13.70
connector verlies (dB) =	0.3	Eigen SAR
correctie voor mode =	0.5	veldsterkte
correctie tijdsinterval =	0.5	(V/m)
antennehoogte (m) =	19	6.14

Bij het opstarten van de Excel file vinden we bovenaan links een aantal velden die geel zijn ingekleurd. Dit zijn velden waar je input gegevens kan invullen.

Frequentie (MHz): vul de frequentie in. Van zodra dit veld is ingevuld worden de limiet-niveaus (van de veldsterkte uitgedrukt in V/m) die overeenkomen met de totale SAR (0,02W/Kg) en de eigen SAR (0,001W/Kg) weergegeven.

P(out): het uitgangsvermogen van de zender (Watt)

Coax verlies: verliezen van de voedingslijn (dB)

Connector verlies: verliezen in connectoren e.d. (dB)

Correctie voor mode: de tabel is naast de input-tabel in de spreadsheet opgenomen:

Correctiefactoren voor mode			
SSB	0.2	ATV	0.6
SSB met processor	0.5	ATV (FM)	1.0
AM (m=100%)	0.3	FM	1.0
AM (m=50 %)	0.5	RTTY	1.0
AM (m=0 %)	1.0	SSTV	1.0
CW	0.4	TUNE	1.0

Correctie tijdsinterval: hier mag een getal van 0.5 worden ingevuld indien in geen enkel willekeurig gekozen periode van 6 minuten de zender meer dan 3 minuten uitzendt.

In de linker bovenhoek dienen de dBi winsten van de antenne ingevuld voor verticale stralingshoeken gaande van 0° tot 90°.

In de spreadsheet zijn onder de twee grafieken de typische winstgetallen voor een aantal winstantennes opgenomen (zelfde als opgenomen in par 3.1.5.4). Bij het gebruik van de spreadsheet kan men eenvoudig de relevante winst getallen met knippen-en-plakken uit die kolom naar links bovenaan het scherm kopiëren.

					0.8	-0.7	-1.6	<< winst op
-99.9	-99.9	0.1	-3.6	-1.3	-2.8	-4.6		<< winst op -90° (dBi)
0	0	68	73	61	61	58		<< horizontale 3dB hoek
78	85	127	93	91	91	85		<< verticale 3dB hoek
		an	15mquad	freda	3el:1.5db	204ba		<< Ref naam
2 x 17 el	4 x 17 el	18 el yagi	22 el yagi	31 el yagi	35 el yagi	2 x 35 el	4 x 35 el	
20.7	23.3	17.4	18.5	19.5	20.1	22.1	23.8	<< winst op 0° (dBi)
12.7	14	15	16	16.8	15.6	12.1	13.8	<< winst op -10° (dBi)
3.2	7	14	8.5	-10.5	5.1	-2.9	3.8	<< winst op -20° (dBi)
-10	7	1.5	2.5	-5.5	-7.9	4.1	-1.2	<< winst op -30° (dBi)
-25	-7	-12.5	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -40° (dBi)
-10	-20	0	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -50° (dBi)
-5	-10	-8	-6.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -60° (dBi)
-6	-10	-8	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -70° (dBi)
-7	-8	-8	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -80° (dBi)
-8	-10	-8	-5.5	-5.5	-7.9	-7.9	-6.2	<< winst op -90° (dBi)
23	12.5	23	22	20.5	16	16	12.8	<< horizontale 3dB hoek
13	13	23.5	23	21	17	13	13	<< verticale 3dB hoek
		(eme)	2m18xxx	222-7wl	hg7031dx	23cm35ez	23cm35ez	<< Ref naam
				40 el yagi	2 el col vert	4 el col vert	6 el col vert	
				20.9	4.8	7.6	9.3	<< winst op 0° (dBi)

Eens de bovenstaande input gegevens zijn ingevuld kan men de veldsterkte in gelijk welk punt rond de antenne berekenen (dit is steeds in de veronderstelling dat de antenne naar dit punt is gericht).

dBi (0deg)	7.6	
dBi(-10deg)	7.5	Freque
dBi(-20deg)	7.2	
dBi(-30deg)	6.7	coax v
dBi(-40deg)	6.1	connector
dBi(-50deg)	5.2	correctie
dBi(-60deg)	4	correctie t
dBi(-70deg)	2.5	antennek
dBi(-80deg)	0.8	
dBi(-90deg)	-1.3	<- copiee

Bovenaan rechts is een kadertje waar de coördinaten betreffende een dergelijk willekeurig punt kunnen worden ingevuld.

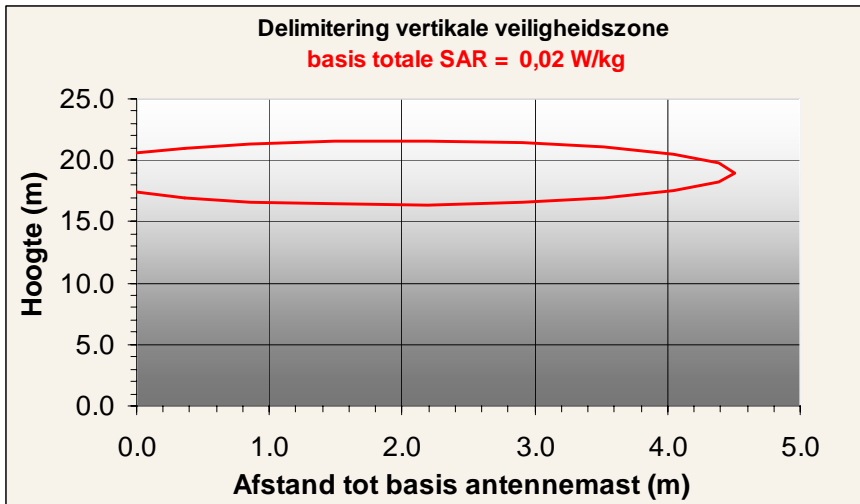
BEREKENING VELDSTERKTE IN WILLEKEURIG PUNT		
hoogte (m)	2	<- enter hoogte willekeurig punt
afstand (m)	25	<- enter afstand tot willekeurig punt
V/m	1.82	= velsterkte in dit punt

Merk op dat de hoogte ook als negatief kan worden ingevuld, dit voor het geval dat het willekeurig punt lager is gelegen dan de referentiehoogte (0 m) ter hoogte van de zendantenne.

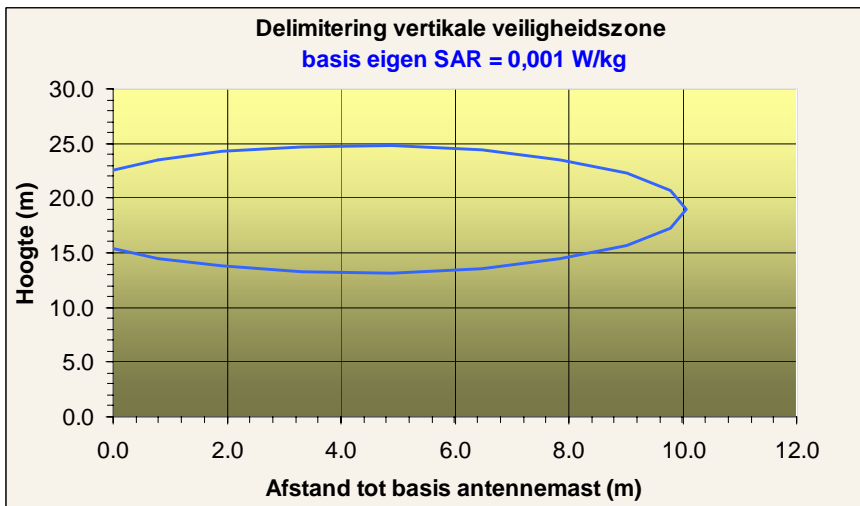
Het programma tekent ook, in het verticale vlak, in de horizontale voorkeurrichting van de antenne, de zone die voldoet aan een de totale SAR norm van 0,02 W/kg en de eigen SAR limiet van 0,001 W/Kg.

In alle punten die binnen de figuur van het verticale "stralingspatroon" liggen wordt de totale SAR limiet overschreden.

In het geval van bijgaande figuur zien we dat de totale SAR limiet (die overeenstemt met een veldsterkte van 13,7 V/m in ons voorbeeld op 28 MHz) bereikt wordt op een afstand van 1 tot 3 m op een hoogte van ca 16.5 m (dus 1.5 meter lager dan de antenne). Onder de 16.5 m hoogte wordt nergens de limiet bereikt.



Alle punten die op de 2de grafiek binnen het verticale “stralingspatroon” liggen zijn punten waar de eigen SAR limiet van 0,001 W/Kg (in dit voorbeeld op 28 MHz komt dit overeen met een veldsterkte van 3,06V/m) wordt overschreden. Wat erbuiten ligt voldoet aan de eigen SAR limiet.



Indien er een buur woont op 6 meter afstand van de antenne en zijn huis is 15 m hoog, dan zal in dit punt (het huis van de buur) niet voldaan zijn aan de eigen SAR norm van 0,001W/Kg.

3.1.5.6 Hoe een dossier opstellen voor het BIPT?

Voor elke antenne dient een dossier opgemaakt. Een drie-band antenne wil zeggen drie dossiers! Artikel 2 van het K.B. van 21/12/2001 legt duidelijk vast waaruit dergelijk dossier moet bestaan:

- De gegevens van de aanvrager: naam, adres, opstelling van de antennes
- De technische gegevens van de antenne(s): de winstgetallen van de antennes (in functie van de verticale stralingshoek): deze zijn opgenomen in velden links bovenaan de spreadsheet.
- Een plan van inplanting met de nabuurzone eromheen: hier kan men liefst een kopie van het kadastraal plan van de buurt gebruiken.
- Een verticale projectie waarop de berekende elektromagnetische veldsterkte wordt aangegeven: dit zijn de grafieken die getekend worden in het spreadsheet programma.
- Op het plan dienen rond de antenne een cirkel getekend, deze waar het limietniveau van de eigen SAR wordt bereikt (op de hoogte waar de straling maximaal is, in de meeste gevallen is dit dus op de hoogte van de antenne zelf, tenzij de antenne met een tilt is opgesteld).

Bij het opstellen van het dossier kan men een kopie of een print-out van het scherm van het spreadsheet programma opnemen, waarop alle gevraagde gegevens te zien zijn. In dat geval weet het BIPT ook welk programma gebruikt is om de berekeningen te doen. Het programma is door het BIPT getest en goed bevonden.

Nog een service van de UBA !

dB _i (0deg)		INPUTS		Tot SAR	Correctiefactoren voor mode				correctie tijdsinterval
dB _i (-10deg)	7.6	Frequentie (MHz) =	28	veldsterkte (V/m)	SSB	0.2	ATV	0.6	als men in een willekeurig tijdsinterval van 6 minuten slechts 3 minuten uitzendt mag men een factor 0,5 invoeren (verhouding ON-tijd / 6 min).
dB _i (-20deg)	7.2	P _{out} =	150	13.70	SSB met processor	0.5	ATV (FM)	1.0	
dB _i (-30deg)	6.7	coax verlies (dB) =	2	Eigen SAR veldsterkte (V/m)	AM (m=100%)	0.3	FM	1.0	
dB _i (-40deg)	6.1	connector verlies (dB) =	0.3		AM (m=50%)	0.5	RTTY	1.0	
dB _i (-50deg)	5.2	correctie voor mode =	0.5		AM (m=0%)	1.0	SSTV	1.0	
dB _i (-60deg)	4	correctie tijdsinterval =	0.5		C/V	0.4	TUNE	1.0	
dB _i (-70deg)	2.5	antennehoogte (m) =	19	6.14					
dB _i (-80deg)	0.8	-< copieer de winst waarden uit tabellen hieronder of enter uw eigen winst-gegevens voor de antenne (VERTICALE VELDI)							
dB _i (-90deg)	-1.3								

Delimitering verticale veiligheidszone
basis totale SAR = 0,02 W/kg

Delimitering verticale veiligheidszone
basis eigen SAR = 0,001 W/kg

BEREKENING VELDSTERKTE IN WILLEKEURIG PUNT

hoogte (m)	5	<- enter hoogte willekeurig punt
afstand (m)	20	<- enter afstand tot willekeurig punt
V_m	2.20	= veldsterkte in dit punt

Buiten het door de betrokken opgestelde berekenings- (en eventueel meet-) rapport dient door de betrokkene een aantal door het BIPT opgestelde formulieren ingevuld. Deze kunnen van de BIPT Website worden opgehaald. Indien blijkt dat de norm voor eigen SAR (0,001 W/Kg) niet wordt overschreden zal een eenvoudig dossier, het “**technisch antennedossier**” volstaan. Dit is een dossier met alleen berekeningen. Indien uit de berekeningen echter blijkt dat deze norm is overschreden, dan zullen ter plaatse metingen dienen te worden verricht om het residuele stralingsniveau (over het gans spectrum van 10 MHz tot 10 GHz) te kennen, en zal een completer dossier dienen te worden opgemaakt (het “**attestdossier**”).

Een volledige handleiding betreffend het opstellen van deze dossiers is ter beschikking op de BIPT Website. Het betreft volgende documenten :

- “Technisch antennedossier inzake stralingsnormen voor zendmasten in de band van 10 MHz tot 10 GHz”
- “Dossier tot het bekomen van een conformiteitsattest inzake stralingsnormen voor zendmasten in de band van 10 MHz tot 10 GHz”

Bij het invullen van de BIPT formulieren wordt gevraagd naar het vermogen aan de antenne uitgedrukt in dBW (alsook in het attestdossier naar de EIRP in dBW). Op de spreadsheet zijn deze getallen in een kadertje opgenomen. Ze kunnen van daar worden overgenomen om de BIPT formulieren in te vullen.

P-ant =	82.6	(Watt)
P-ant =	19.17	dBW
EIRP =	475	(Watt)
EIRP =	26.77	dBW

De Uba zal op zijn Website enkele voorbeelden van (fictieve) dossiers publiceren die door het BIPT zijn goedgevonden.

3.1.5.7. Meerdere bronnen

Indien de radioamateur RF signalen op verschillende frequenties simultaan uitzendt, dient vooreerst, net als voor 1 antenne alleen, berekend te worden of elke antenne een eigen SAR van meer dan 0,001W/Kg veroorzaakt op de kritische plaatsen.

Indien de antennes elk afzonderlijk een eigen SAR veroorzaken van minder dan 0,001 W/Kg dient alleen een eenvoudig dossier (technisch antenedossier) per antenne opgemaakt en dient dus niet gesommeerd.

Indien een van de niveau's op een van de kritische punten boven de eigen SAR limiet ligt, zullen de velden gesommeerd dienen te worden en kan men gebruik maken van volgende formules:

A/ Berekenen van de veiligheidsafstand:

In dit geval geldt volgende formule voor het berekenen van de veiligheidsafstand $d_{(m)}$:

$$d(m) = [(30 \cdot EIRP_1)/(E_1)^2 + (30 \cdot EIRP_2)/(E_2)^2]^{1/2}$$

waarin:

$EIRP_1$ = de EIRP voor station 1 (W)

E_1 = max toegelaten elektrische veldsterkte voor station 1 (V/m)

$EIRP_2$ = de EIRP voor station 2 (W)

E_2 = max toegelaten elektrische veldsterkte voor station 2 (V/m)

Voorbeeld:

Bereken de veiligheidsafstand (0 graden elevatie) voor totale SAR, in de veronderstelling dat de residuele veldsterkte verwaarloosbaar is:

Station 1: 20 m 3 el. multiband yagi (6 dBi), met Pout =1000 Watt, totale verliezen 1 dB, geen correctiefactoren

Station 2: 70 cm packet station, colineaire antenne, G = 8.3 dBi, P = 30 Watt, totale verliezen 3 dB, geen correctiefactoren

$EIRP_1$ = 3162 Watt

$EIRP_2$ = 102 Watt

E_1 = 13,7 V/m (zie K.B.)

E_2 = 14,2 V/m (zie K.B.)

$d_{(m)}$ voor station 1 = 22,48 m

$d_{(m)}$ voor station 2 = 3,87 m

$d_{(m)}$ voor beide stations samen = **22,8 m**

B/ Berekenen of een samengesteld veld in een bepaald punt voldoet aan de norm

Men kan ook voor elk willekeurig punt berekenen of het samengestelde veld van verschillende antennes (eigen SAR van meerdere antennes) voldoet aan de norm. Om te voldoen dient:

$$(E_1/E_{max1})^2 + (E_2/E_{max2})^2 + (E_3/E_{max3})^2 + \dots \leq 1$$

waarbij:

E_1 = berekende veldsterkte voor antenne 1

E_{max1} = max toegelaten niveau voor die frequentie

enz

Als we meerdere antennes simultaan gebruiken dienen we alleen te sommeren als 1 van de antennes niet aan de eigen SAR limiet van 0,001W/Kg voldoet.

Voorbeeld:

We willen nagaan of het simultaan gebruik van twee antennes voldoet aan de eigen SAR norm voor een punt op 150 m afstand (2 m hoogte):

Voor antenne 1 die werkt op 14 MHz hebben we een eigen SAR berekend van 6,2 V/m, voor antenne 2, werkend op 430 MHz was dit 2,3 V/m

$E_1 = 2,1 \text{ V/m}$ (berekend met spreadsheet)

$E_{\max 1} = 3,07 \text{ V/m}$

$E_2 = 2,2 \text{ V/m}$

$E_{\max 2} = 3,18 \text{ V/m}$

Berekening: $(2,1/3,06)^2 + (2,2/3,18)^2 = 0,46 + 0,47 = 0,93$. Dit is < 1 dus voldoet

C/ Berekenen van de veldsterkte van een samengesteld veld in een punt

Bereken de veldsterkten veroorzaakt door elk van de individuele antennes in dat punt (E_1 , E_2 enz).

$$E_{\text{tot}} = (E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 \dots)^{1/2}$$

Voorbeeld (zelfde voorbeeld als hierboven):

$E_1 = 5,76 \text{ V/m}$

$E_2 = 0,3 \text{ V/m}$

$$E_{\text{tot}} = (5,76^2 + 0,3^2)^{1/2} = 5,77 \text{ V/m}$$

Op de spreadsheet vinden we een eenvoudig hulpmiddeltje om samengestelde velden te berekenen.

BEREKENING SAMENGESTELD VELD		
$E_1 \text{ (V/m)} =$	5.76	<- ENTER VELD NR 1
$E_2 \text{ (V/m)} =$	0.3	<- ENTER VELD NR 2
$E_3 \text{ (V/m)} =$	0	<- ENTER VELD NR 3
$E_4 \text{ (V/m)} =$	0	<- ENTER VELD NR 4
$E_5 \text{ (V/m)} =$	0	<- ENTER VELD NR 5
Totaal veld =	5.77	

3.2.Meten

Het meten van de gemiddelde gesommeerde velden over een spectrum van 10 MHz tot 10 GHz is geen eenvoudige zaak, en slechts heel weinig radioamateurs zullen beschikken over de nodige meetapparatuur om dit met een voldoende nauwkeurigheid te doen.

Het BIPT heeft een aantal meetprocedures en meettoestellen geëvalueerd. Deze procedures en toestellen zijn door het BIPT geaccepteerd. Metingen die gebeuren met door het BIPT gekeurde en geaccepteerde toestellen zullen ook door het BIPT worden aanvaard.

Dit zijn in het kort de specificaties waarin het meettoestel dient te voldoen:

1. *Het toestel is een breedband veldsterkte-meter uitgerust met passende probe, uitgerust voor het meten van het elektrisch veld (uitgedrukt in V/m)*
2. *Bandbreedte: 10 MHz tot 10 GHz*
3. *Frequentie-respons: vlak*
4. *Meting dient te gebeuren in drie vlakke, meetresultaat is RSS (root sum square) van 3 metingen*
5. *Minimale gevoeligheid: 1.5 V/m*

6. Meetresultaten worden geregistreerd (vb diskette)
7. Het meettoestel dient minsten 2 metingen per seconde te doen over het volledige spectrum
8. De meting gebeurt in een vrij oppervlak van ca 10 m²
9. Het apparaat wordt precies opgesteld op de plaats waar het grootste veld wordt gemeten (maximale verplaatsing 1 m)
10. Metingen worden continu gedaan over een periode van 6 minuten.
11. Alle metingen (indien 2 per seconde is dit 720 metingen) worden geregistreerd
12. Alle metingen worden in een Excel spread sheet genoteerd
13. De gemiddelde waarde (RSS) wordt berekend alsook de standaard afwijking.
14. Een grafiek wordt gegeneerd met het verloop van de veldsterkte over de 6 minuten periode

Het is de bedoeling van de UBA tegen een minimale vergoeding voor de leden dergelijke metingen (de gesommeerde residuele veldsterkte) te helpen doen. De meetapparatuur is te duur voor individuele aanschaf alsook voor aanschaf door de UBA, maar er zijn onderhandelingen lopende om de toestellen eventueel te huren of metingen in onderaanneming te laten doen.

We houden u op de hoogte hoe we deze speciale UBA service voor onze leden zullen organiseren.

4. Wat als binnen de veiligheidszone de totale SAR waarde is overschreden?

Als we rekening houden met het feit dat onze Belgische normen aanzienlijk strenger zijn dan bvb de Amerikaanse, en weten dat daar reeds een ruime veiligheidsmarge is ingebouwd, wil dit zeggen dat een overschrijding van de eigen SAR waardes in je huis of op je erf niet noodzakelijk voor gezondheidsproblemen zullen zorgen.

Zo ligt bvb. de Amerikaanse norm voor "controled environment" (d.i. binnen de veiligheidszone) voor 14 MHz op 128 V/m terwijl de Belgische norm (weliswaar buiten de veiligheidszone) op 13,7 V/m ligt. Dit betekent een vermogenverhouding van bijna 100! Men kan dus best ook eens afwegen t.o.v deze Amerikaanse norm.

Band	Veld (V/m)
1.8	614
3.5	460
7	252
10	181
14	128
18	101
21	86
24	74
28	62
50	61
144	61
430	61

Indien deze waarden worden bereikt zouden we toch wel aanraden aan de toestand te verhelpen, en dat betekent meestal het hoger plaatsen van de zendantenne! Als nu de ministers van volksgezondheid en van ruimtelijke ordening goed overeenkomen kunnen we in de toekomst allemaal gezond zijn (blijven) en onze antennes heel wat hoger plaatsen, wat we toch allemaal willen!

5. Assistentie van de UBA bij het opstellen van uw berekeningsdossier

Het Excel programma, alsook enkele voorbeeld-dossiers kunnen we opladen van de UBA website. De speciale BIPT formulieren vinden we op de BIPT Web-site.

Mocht u vragen hebben betreffende deze materie, contacteer me gerust. Het is duidelijk dat ik onmogelijk persoonlijke assistentie kan verlenen aan iedereen die een dossier moet opstellen (naar schatting 3000 binnen de eerstkomende 5 jaar). Het zou fijn zijn mocht in elke sectie iemand zich specialiseren in dit onderwerp, en dan ook assistentie verlenen aan onze leden.

Ik zou het echter fijn vinden feedback te mogen ontvangen, eveneens van eventuele moeilijkheden betreffende dossiers ingediend bij het BIPT.

6. Wie dient dringend een dossier op te stellen?

We zijn ervan overtuigd dat in het overgrote deel van de dossiers van radioamateurs de eigen SAR norm van 0,001 W/Kg zal worden gehaald. Voor deze gevallen is er geen enkel probleem, en volstaat het de berekeningen te maken en het dossier ter info aan het BIPT op te sturen.

Als uw bouwdossier (voor een huis met antennemast, of alleen antennemast/antenne) geblokkeerd is bij stedenbouw of enige andere instantie wegens het KB van 29/4/2001, **is het aan u** om het dossier te deblokken: stel zonder verder wachten het **technisch antennedossier** (of het **attestdossier** indien de eigen SAR norm van 0,001 W/Kg is overschreden) op en stuur het naar het BIPT, zoals duidelijk vastgelegd in het nieuwste KB (29/12/2001). Met deze handelwijze zal u alle impasses kunnen deblokken.

Indien mensen in uw buurt denken gezondheidsproblemen te hebben wegens de RF straling van uw antenne, kan ik u de raad geven eveneens zo snel mogelijk een dossier in te dienen bij het BIPT. Het getuigschrift dat het BIPT aflevert, stelt duidelijk dat uw installatie conform is met de geldende normen in ons land, en zal u helpen de mond te snoeren van alle mogelijke stemmingmakers en psychopaten in uw buurt.

De anderen onder ons hebben tot einde 2006 om hun zendmast(en) te laten goedkeuren door het BIPT.

Terloops, zij die geen vaste antenne gebruiken, dienen geen dossier op te stellen. Dat zijn zij die mobiel of portabel werken (voor zover de portabele opstelling niet langer dan 2 weken op eenzelfde plaats is opgesteld). Zij die elke avond op het balkonnetje van hun appartementsgebouw hun magnetische loop antenne opstellen, of een wip-antenne, dienen eveneens geen dossier op te stellen, het gaat hier immers eenvoudig verplaatsbare antennes zoals gedefinieerd in het K.B. van 21 december 2001, en die niet onder de nieuwe regelgeving vallen.

Indien u het de moeite zou vinden in uw sectie een uitgebreide presentatie alsook verdere toelichtingen over dit onderwerp te horen, wil ik daarbij graag helpen!

John Devoldere, ON4UN

Referenties:

Publicatie: EMVU, gepubliceerd door DARCC
RF Exposure and You, uitgegeven door ARRL (ISBN 0-875259-662-1)