



*Vraagbaak van het Steunpunt Milieu en Gezondheid*

## **Kan wonen naast een elektriciteitscentrale gevaarlijk of hinderlijk zijn voor de bewoners?**

Prof. dr. Nik van Larebeke

Mei 2009

## 1. Inleiding

Electriciteitscentrales in Vlaanderen produceren wisselstroom met een frequentie van 50 Hertz.

De belangrijkste effecten van electriciteitscentrales op het milieu en op de menselijke gezondheid zijn zonder twijfel deze die het gevolg zijn van de uitstoot van deze centrales. In functie van de wijze waarop de electriciteit wordt opgewekt zullen deze centrales een grotere dan wel kleinere schadelijke invloed hebben.

Daarnaast wekken de generatoren in deze centrales sterke Extreem Laag Frequentie (ELF) elektromagnetische velden op en vertrekken uit deze centrales uiteraard hoogspanningslijnen (duizenden tot honderdduizenden Volt; 1kV = 1.000 Volt) waarrond belangrijke ELF velden ontstaan. Onder extreem laag frequente elektromagnetische straling verstaat men straling tot 300 Hz. Golflengtes zijn zeer groot (6000 km bij 50 Hz) waardoor de mens zich bij deze frequenties steeds in het nabije veld bevindt.

Dit rapport vat een aantal gegevens samen betreffende de mogelijke gezondheidseffecten van ELF straling, betreffende blootstelling, en maakt melding van de fysische basis waarop maatregelen om de straling in te perken kunnen berusten.

### *Grootheden die het elektromagnetisch veld beschrijven*

#### **Stroomdichtheid**

De stroomdichtheid is de stroom per eenheid van oppervlakte en deze wordt uitgedrukt in ampère per vierkante meter (A/m<sup>2</sup>).

#### **Vermogendichtheid S**

De vermogendichtheid is het vermogen per eenheid van oppervlakte en deze wordt uitgedrukt in watt per vierkante meter [W/m<sup>2</sup>].

#### **Elektrische veldsterkte E**

De elektrische veldsterkte E [V/m] op een bepaald punt is de grootte van de kracht F op een oneindig kleine lading q, gedeeld door de grootte van de lading:  $E=F/q$

#### **B veld of Magnetische fluxdichtheid**

Het B veld wordt gemeten in tesla (voorheen in gauss eenheden). De magnetische fluxdichtheid is de meest fundamentele karakteristiek van het magnetisch veld. Een deeltje met een elektrische lading q dat beweegt in een B veld met een snelheid v zal een kracht F (de Lorenz kracht) ondergaan gelijk aan  $F=q(v \times B)$  waarin x het vector product is.

#### **Magnetische veldsterkte H**

Het magnetisch veld H is afgeleid van de magnetische fluxdichtheid. Het weerspiegelt de modificatie van de magnetische fluxdichtheid B te wijten aan de magnetische eigenschappen van het medium.  $H=B/\mu_0-M$ , waarin M de magnetisering van het medium voorstelt en  $\mu_0$  de magnetische constante is. Het H veld wordt gemeten in Ampères per meter (A/m). In materialen voor dewelke M proportioneel is aan B kan de relatie tussen B en H beschreven worden door  $H=B/\mu$ , waarin  $\mu$  de permeabiliteit van het medium voorstelt. In de vrije ruimte is er geen magnetisering M zodat  $H=B/\mu_0$ .

### *Enkele afkortingen*

#### **ELF: extreem laagfrequent**

GSM: Global system for Mobile Communications  
 ICNIRP: International Commission on non-ionising radiation protection  
 OTM: Olive Tail Moment (maat voor DNA schade gemeten in de Comet assay)  
 RF: radiofrequente straling  
 RMS: root mean square

### Eenheden

Symbool grootheid	Grootheid	Symbool Eenheid	Eenheid
B	Magnetische fluxdichtheid of sterkte van het B-magnetisch veld	T	tesla
E	Elektrische veldsterkte	V/m	Volt per meter
f	Frequentie	Hz	Hertz
H	Magnetische veldsterkte (sterkte van het H-magnetisch veld)	A/m	Ampère per meter
J	Elektrische stroomdichtheid	A/m <sup>2</sup>	Ampère per vierkante meter
S	Stralingsfluxdichtheid of vermogendichtheid	W/m <sup>2</sup>	Watt per vierkante meter
SAR	Specific Absorption Rate	W/kg	Watt per Kg
$\lambda$	Golflengte	m	meter
	Bestralingsdosis	J/m <sup>2</sup>	Joule per vierkante meter
	Vermogen (bijvoorbeeld van een zender). Dikwijls wordt het rms vermogen vermeld dat lager ligt dan het piekvermogen.	W	Watt

## 2. Blootstelling

Elektrische velden worden door tal van structuren sterk afgezwakt. Magnetische velden daarentegen penetreren gemakkelijker. Hier wordt het magnetisch veld verbonden aan ELF straling beschouwd. Joseph & Martens (2006) vatten een aantal gegevens in verband met blootstelling aan ELF velden samen.

### Blootstelling aan magnetische velden rond elektriciteitskabels

Onderstaande tabel toont de waarden van het magnetisch veld (B-veld) bij langdurige (minstens 1 maand) registratie in Belgische woningen onder de verschillende types hoogspanningslijnen.

lijntype [kV]	registratieperiode van - tot	minimum [ $\mu$ T]	maximum [ $\mu$ T]	gemiddeld $\pm$ stdev	mediaan
70	30/01/02 – 19/03/02	0,01	1,85	1,00 $\pm$ 0,25	1,00
150	17/05/02 – 27/06/02	0,05	1,31	0,75 $\pm$ 0,18	0,74
220	08/03/02 – 23/04/02	0,15	2,15	1,00 $\pm$ 0,40	1,00
380	25/01/02 – 06/03/02	0,55	3,00	1,50 $\pm$ 0,20	1,50

Bron: Vito (2002)

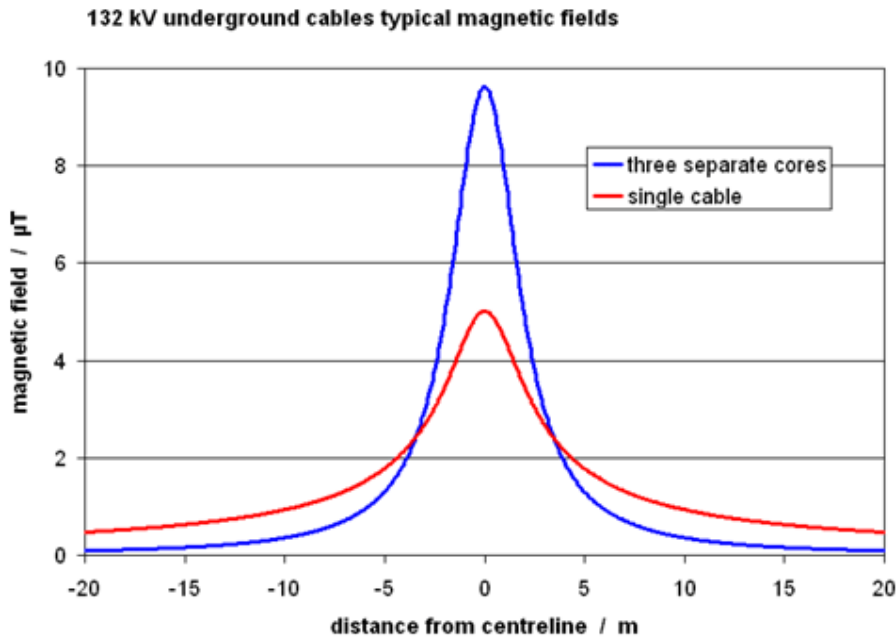
Uit gegevens gepubliceerd door ELIA blijkt dat de totale magnetisch veldbelasting in België lichtjes gedaald is tussen 1991 en 2004. Dit komt doordat meer 70 kilovolt lijnen onder de grond geplaatst werden.

Magnetische velden rond geleiders zijn een complexe functie van tal van parameters die kunnen gebruikt worden om de magnetische velden af te zwakken. Het magnetisch veld rond een (oneindig) lange enkelvoudige geleider is omgekeerd evenredig met de afstand tot deze geleider. Het magnetisch veld rond twee dicht bij elkaar gelegen geleiders die een tegengestelde monofase stroom dragen vermindert echter met het kwadraat van de afstand tot de geleiders.

Naast bovengrondse hoogspanningslijnen zijn magnetische velden onder andere afkomstig van ondergrondse kabels. Het magnetische veld van ondergrondse kabels kan direct boven deze kabels hoger zijn dan recht onder een hoogspanningslijn, maar het veld neemt veel sterker af bij toenemende afstand tot de kabel. In de nabijheid van hoogspannings electriciteitskabels van 132 Kilovolt (honderd twee en dertig duizend volt), gelegd op 1 meter diepte in de grond, worden, op een hoogte van 1 meter boven de grond en op een afstand van 5 meter, magnetische velden gemeten van ongeveer 1.5  $\mu$ T. Op 20 meter wordt, in het geval van één (gewonden) kabel, nog 0.47  $\mu$ T gemeten.

Onderstaande figuur en tabel, overgenomen uit de web site van een Engelse Electriciteitsfirma "National Grid"

(<http://www.emfs.info/Sources+of+EMFs/Overhead+power+lines/specific/132+kV+underground+magnetic.htm>) toont het verloop van het magnetisch veld in functie van de afstand en het soort kabel (de drie fasen afzonderlijk verpakt of tot één kabel rond mekaar gewonden).



This table gives some actual field values for the same conditions.

				magnetic field in $\mu\text{T}$ at distance from centreline			
				0 m	5 m	10 m	20 m
132 kV	separate cores	0.3 m spacing	typical	9.62	1.31	0.36	0.09
		1 m depth					
	single cable	1 m depth	typical	5.01	1.78	0.94	0.47

In 2005 werd een pilootstudie in 26 huizen in Melbourne uitgevoerd. De gemiddelde magnetische velden waren ongeveer  $0,09 \mu\text{T}$  met 10de en 90ste percentielen van respectievelijk  $0,02 \mu\text{T}$  en  $0,51 \mu\text{T}$ . In drie huizen waren er niveaus groter dan  $0,4 \mu\text{T}$  in de slaapkamer van de kinderen.

Door VITO werd in opdracht van de Vlaamse overheid een studie uitgevoerd inzake de blootstelling van kinderen aan niet ioniserende elektromagnetische straling: " *Persoonlijke exposimetrie voor het bepalen van de binnenhuisblootstelling van kinderen aan ELF, VLF en RF elektromagnetische velden afkomstig van interne en externe bronnen.* " Aan dit onderzoek namen, m.b.t. ELF straling, 77 kinderen deel. Web site: [http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/onderzoek/eindrapport\\_NIS3.pdf](http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/onderzoek/eindrapport_NIS3.pdf)

Onderstaande tabel vat de belangrijkste bevindingen samen:

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

Het rekenkundig (RG) en het geometrisch (GG) populatiegemiddelde van de individuele mediane blootstelling bedragen dus 0,048 en 0,037  $\mu\text{T}$  voor de 77 kinderen betrokken bij dit onderzoek. De maximale gemeten binnenshuisblootstelling bedroeg ongeveer 22 $\mu\text{T}$ , maar deze waarde werd gemeten dichtbij een huishoudelijk toestel en is zeker niet representatief voor de blootstelling op lange termijn. .

### **3. Biologische en gezondheidseffecten van ELF straling.**

#### 3.1. Mechanistische gegevens, effecten op korte termijn (naar Joseph en Martens, 2006).

ELF magnetische velden verstoren bij intensiteiten boven de 1 microtesla de werking van op elektronenbundels gebaseerde apparatuur (Ener Salinas, 2001). Het hoeft niet echt verwondering te wekken dat het delicate evenwicht van levende systemen waarbij ionen en semipermeabele membranen een grote rol spelen verstoord kan worden door elektromagnetische straling.

Kortetermijneffecten van 50 Hz elektrische en magnetische velden worden veroorzaakt door directe inwerking van de velden op het blootgestelde organisme. Magnetische velden penetreren in het lichaam en kunnen er elektrische stromen veroorzaken. De lineaire stroominductie in het lichaam wordt uitgedrukt in mA en de stroomdichtheid in mA/m<sup>2</sup>. De geïnduceerde lichaamsstroom door het elektrisch veld wordt in de nek geschat op gemiddeld 5  $\mu\text{A}$  per kV/m en ter hoogte van de voeten 15  $\mu\text{A}$  per kV/m. Het magnetisch veld induceert in het hoofd, de romp en de benen van het blootgestelde individu een gemiddelde lusstroom van 4  $\mu\text{A}/\text{m}^2$  per  $\mu\text{T}$ .

De geïnduceerde elektrische stromen kunnen een aantal biologische en gezondheidseffecten hebben, waaronder:

- Hartritmestoornissen: Wanneer deze stromen voldoende sterk zijn kan, dit leiden tot stimulatie van zenuwen en spieren. Hierdoor kunnen onwillekeurige spierbewegingen en spierverspanningen ontstaan. De ernstigste effecten, die kunnen optreden, zijn hartritmestoornissen; daarvoor zijn echter zeer sterke magnetische velden nodig die in de leefomgeving nooit voorkomen.
- Fosfenen: Het belangrijkste effect bij lagere stroomdichtheden is het voorkomen van fosfenen. Dit zijn lichtvlekken of flitsen die waargenomen worden als gevolg van directe stimulatie van het netvlies door elektrische stroom. De minimale stroomdichtheid om fosfenen op te wekken ligt rond de 8 mA/m<sup>2</sup> of vele grootte-orden hoger dan gemeten in de VITO-studie. er zijn dus zeer sterke ELF elektromagnetische velden, die in het dagelijkse leven absoluut niet voorkomen, nodig om de fosfenen op te wekken.
- Daling van de melatonine productie: Sommige experimentele waarnemingen en ook sommige biomonitoring studies geven aan dat ELF elektromagnetische straling de secretie van melatonine kan verminderen. Zo namen Davis et al.(2001) waar dat een hogere

blootstelling aan ELF de normale nachtelijke toename in de secretie van melatonine kan inhiberen

### 3.2. Mechanistische gegevens, effecten in vitro

Van groot belang voor het mechanistisch denken over ELF straling is de Reflex studie. De (met 2.059.450,- Euro) door de Europese Commissie gesubsidieerde Reflex studie (totale kost: 3.149.621,- Euro) waarin 12 onderzoeksgroepen uit 7 landen deelnamen onder leiding van Prof. Dr. Franz Adlkofer, (VE RUM - Stiftung für Verhalten und Umwelt, Pettenkofenstrasse 33, D-80336 München, Germany, Tel: +49 89 5309880 / Fax: +49 89 53098829 / E-mail: prof.adlkofer@verum-foundation.de) is één van de grootste gecoördineerde studies ooit ondernomen op het vlak van het opsporen van biologische effecten inzake genotoxiciteit en beïnvloeding van de genexpressie. De studie maakt gebruik van in vitro technieken, voor een belangrijk deel met menselijke primaire cellen afgeleid van gezonde donoren en menselijke cellijnen, alsook met primaire cellen en cellijnen van zoogdieren. Deze studie had betrekking op genotoxische effecten (DNA schade, mutaties), genexpressie, aspecten die met differentiatie van cellen te maken hebben en inductie van apoptose. Een constante doorheen alle experimenteel werk met niet-ioniserende elektromagnetische straling is het feit dat het optreden van biologische effecten beïnvloed wordt door tal van factoren waarover zeer weinig informatie voorhanden is, met inbegrip van factoren die niet op eenvoudige wijze te controleren of te begrijpen zijn. Dit was ongetwijfeld een van de belangrijkste lessen die uit de Reflex studie te trekken zijn. In overeenstemming hiermee zijn bijvoorbeeld de waarnemingen van Yao et al. (2008) die vaststelden dat elektromagnetische ruis zowel de verhoging in de concentratie van actieve vormen van zuurstof(radicalen) als de inductie van enkelstrengige DNA breuken door een specifieke vorm van electromagnetische straling kon inhiberen.

#### 3.2.1. Resultaten van de Reflex studie m.b.t. genotoxiciteit

De waarnemingen gedaan in de loop van het Reflex project toonden aan dat ELF elektromagnetische stralen genotoxische effecten hadden op primaire culturen van menselijke fibroblasten en op andere cellijnen. Deze resultaten werden behaald in twee laboratoria binnen het Reflex consortium en bevestigd in twee andere laboratoria buiten het Reflex consortium. In een derde extern laboratorium konden deze waarnemingen niet gereproduceerd worden.

Dat genotoxische effecten geïnduceerd werden berust op volgende waarnemingen:

- Intermittente blootstelling aan 50 Hz ELF genereerde enkelstrengige en dubbelstrengige DNA breuken in meerdere soorten cellen waaronder menselijke fibroblasten, melanocyten, granulosa cellen van ratten, Chinese hamster ovarium cellen (CHO) en menselijke HeLa cellen, maar niet in menselijke lymfocyten, monocyten of myelocyten en neurale stamcellen ("progenitors") afkomstig van muis embryonale stamcellen.
- De DNA schade veroorzaakt door de ELF straling in menselijke fibroblasten varieerde in functie van het tijdstip en de blootstellingsdosis, van de leeftijd van de donoren van wie de cellen werden afgeleid, en van de genetische achtergrond van de cellen. Een magnetische fluxdichtheid van 35  $\mu$ T was sterk genoeg om het aantal breuken in DNA significant op te drijven.
- De toename in DNA breuken in menselijke fibroblasten veroorzaakt door ELF straling was vergezeld door een gestegen vorming van micronuclei die eveneens functie was van de duur van blootstelling.

- Het DNA herstel systeem van menselijke fibroblasten, dat sterk geactiveerd werd door de blootstelling aan ELF straling, bleek niet foutenvrij te werken, zoals werd aangetoond door een significante stijging van verschillende types van chromosomale afwijkingen.
- De inductie van genotoxische effecten bleek af te hangen van de frequentie van de straling. Significante toenames in DNA breuken werden waargenomen bij blootstelling aan straling van 3 Hz, 16 2/3 Hz, 30 Hz, 50 Hz, 300 Hz, 550 Hz en 1000 Hz. ELF straling induceerde DNA strengbreuken bij een magnetische fluxdichtheid van 35 $\mu$ T. Er was een sterke positieve correlatie tussen zowel de intensiteit als de duur van de blootstelling en de toename in aantal enkelstrengige en dubbelstrengige DNA breuken en in het aantal micronuclei. Eigenaardig genoeg werd dit genotoxisch effect enkel waargenomen wanneer de cellen blootgesteld werden aan intermitterende ELF straling, en niet gedurende continue blootstelling. Effecten op menselijke fibroblasten namen toe met de leeftijd van de donor en in aanwezigheid van specifieke defecten in het DNA herstel systeem.

### 3.2.2. Cel proliferatie en differentiatie

De waarnemingen gedaan tijdens de reflex studie wijzen erop dat ELF straling een effect kan hebben op de proliferatie en differentiatie van sommige, maar niet van alle, gebruikte celsystemen. Deze conclusie is gebaseerd op volgende bevindingen:

- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 0,1 mT, een significante stijging in de proliferatie van neuroblastoma cellen (NB69 cellijn) na blootstelling gedurende 42 en 63 uur
- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 0,8 mT, een versnelling in de differentiatie naar hartcellen toe van embryonale stamcellen van muizen doorheen een verhoogde expressie van hart-specifieke genen.
- ELF stralen, bij een magnetische fluxdichtheid van 2 mT, hadden geen enkel effect op de groei en neuronale differentiatie van embryonale stamcellen van muizen
- ELF stralen, bij een magnetische fluxdichtheid van 0,8 mT, hadden geen enkele invloed op de proliferatie, cel cyclus en activatie van lymfocyten

### 3.2.3. Apoptosis

De gegevens van de Reflex studie wijzen erop dat ELF stralen in een zekere mate een indirect effect kunnen hebben op de apoptosis in sommige, maar niet alle, bestudeerde celsystemen.

Deze conclusie is gebaseerd op volgende bevindingen:

- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 2 mT, een stijging in de transcriptie van het GADD45 gen en een daling in deze van het bax gen, dit in neuronale progenitor cellen. Deze genen spelen een belangrijke rol in de apoptose.
- ELF stralen inhbeerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 0,1 mT, de spontane apoptose in neuroblastoma cellen op een wijze die niet verklaard kon worden.
- ELF stralen, bij een magnetische fluxdichtheid van 1 mT en een blootstellingsduur van 24 uur, hadden geen meetbaar effect op de apoptose in menselijke fibroblasten noch een aantoonbaar cytotoxische effect.

### 3.2.4. Genexpressie

De gegevens van de Reflex studie wijzen erop dat ELF stralen de genexpressie en eiwitproductie kunnen beïnvloeden in verschillende celsystemen Deze conclusie is gebaseerd op volgende bevindingen:

- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van ongeveer 2 mT, een stijging in de expressie van vroege genen, zoals p21, c-jun en erg-1, dit in muis embryonale stamcellen die deficiënt waren in het tumorsuppressorgen p53, maar niet in gezonde wild-type cellen, wat erop wijst dat het antwoord van de cellen beïnvloed werd door de genetische achtergrond.
- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 2 mT, een stijging in de transcriptie van het GADD45 gen en een daling in deze van het bax gen, dit in neuronale progenitor cellen.
- ELF stralen induceerden, bij een magnetische fluxdichtheid van 0,8 mT, een versnelling in de differentiatie naar hartcellen toe van embryonale stamcellen doorheen een verhoogde expressie van hart-specifieke genen.
- ELF straling had geen invloed op de expressie van neuronale genen zoals nAChRs, D $\beta$ H, Phox2a en Phox2b in neuroblastoma cellen (SY5Y), noch inzake RNA noch inzake eiwitten
- ELF straling had geen invloed op de expressie van hemi-kanalen bestaande uit rCx46, noch op de regulatie van hun functie door elektrische spanning, pH of calcium ionen in *Xenopus laevis* oocyten.
- ELF stralen bleken de expressie van een serie genen en eiwitten te reguleren in menselijke fibroblasten. Dit bleek het geval te zijn voor mitochondriale en ribosomale genen zowel als voor calcium, celcyclus, apoptosis, extracellulaire matrix en cytoskelet betreffende genen, alhoewel diende vastgesteld te worden dat de variatie tussen de verschillende experimenten groot was.

### 3.3 Epidemiologische gegevens inzake kanker

Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op het “*Draft Baseline Report on Childhood Cancer in the framework of the European Environment and Health Strategy (CON(2003)338 final)*”, opgesteld door de “Technical Working Group on priority diseases, subgroup childhood cancer”, waarvan N. van Larebeke deel uitmaakte.

Blootstelling aan ELF elektromagnetische straling is, wat kanker betreft, vooral geassocieerd aan een gestegen risico op leukemie bij kinderen. Meer dan twintig studies inzake ELF en leukemie bij kinderen werden gepubliceerd. Ondanks verschillen in opzet en in omstandigheden hebben de resultaten van deze studies op consistente wijze gewezen op een verhoogd risico op leukemie bij kinderen met de hoogste blootstelling.

Het relatieve risico bleek, in negen studies die aan een aantal criteria voldeden, ongeveer verdubbeld voor kinderen die leefden in huizen met magnetische velden boven de 0,4 $\mu$ T. [Ahlbom et al., 2000]. Ook een andere onderzoeksgroep die een meta-analyse deed op een ietwat grotere serie studies kwam tot gelijkaardige vaststellingen. Feychting en Ahlbom (1993) deden een studie waarbij alle kinderen onder de 16 jaar die in de periode 1960-1985 gewoond hadden op een afstand van maximaal 300 meter van een 220 of 400 kilo Volt hoogspanningsleiding in Zweden gevolgd werden tot 1985. Het relatief risico op leukemie bedroeg 2,7 (95% confidence interval (CI) 1,0–6,3; *p* for trend = 0,02.) voor blootstellingen boven de 0,2  $\mu$ T en 3,8 (95% CI 1,4–9,3 *p* for trend = 0,005) voor blootstellingen boven de 0,3 $\mu$ T, ook na correctie voor confounding. Het lijkt weinig waarschijnlijk dat er een kritische dosis is waaronder er helemaal geen effect bestaat en er zijn inderdaad aanwijzingen dat ook ELF magnetische velden onder de 0,3 $\mu$ T een effect kunnen hebben.

De International Agency for Research on Cancer (IARC) klasseerde ELF straling in groep 2B, “*possibly carcinogenic to humans*” in een evaluatie opgesteld in 2001 [IARC, 2001]. De classificatie 2B werd weerhouden in plaats van de classificatie 2A ondanks de sterke en consistente epidemiologische aanwijzingen voor een kankerverwekkend effect. Dit omdat de IARC beschouwde dat een kankerverwekkend effect van ELF straling in mechanistische

termen niet plausibel is. In het licht van de huidige gegevens die wijzen op genotoxische effecten en op effecten op de genexpressie lijkt het kankerverwekkend effect (waargenomen in epidemiologische studies) echter wel degelijk plausibel. De classificatie van ELF zou dus moeten herzien worden.

#### 3.4. Effecten op het zenuwstelsel

Er zijn epidemiologische aanwijzingen voor een verband tussen hogere blootstelling aan ELF en neurodegeneratieve ziekten zoals Acute Lateraal Sklerose en de ziekte van Alzheimer. (Garcia et al. 2008; Hug et al. 2006). Ook recente Zwitserse gegevens wijzen op een verband tussen Alzheimer en blootstelling aan ELF straling. Het betreft enerzijds een studie op spoorwegaanwerkers (Röösli et al. 2007) en anderzijds een studie op personen die in de buurt van hoogspanningslijnen wonen (Huss et al., 2009).

ELF straling aan 3,1 mT bleek de secretie van beta amyloïd peptide te stimuleren in menselijke neuroglioma cellen in vitro (Del Giudice et al. , 2007). Dit peptide speelt een belangrijke rol in het ontstaan van de ziekte van Alzheimer.

#### **4. Mogelijke beschermende maatregelen.**

Van het feit dat het verloop van magnetische velden door tal van factoren beïnvloed wordt kan gebruik gemaakt worden om deze straling in te perken (Ener Salinas, 2001).

Afscherming en inperking van deze straling kan gebeuren middels:

- Afscherming door geleidend materiaal (Conductive shielding)
- Afscherming door ferromagnetisch materiaal (Ferromagnetic shielding )
- Passieve compensatie: men plaatst geleiders die, als tegenwicht op de blootstelling aan een elektromagnetisch veld, een tegengesteld veld opwekken.
- Actieve compensatie: middels een detector stuurt men een toestel dat een aangepast, tegengesteld veld opwekt.
- Aangepaste design van elektrische installaties, toestellen en kabels.

Het voorstellen van concrete beschermende maatregelen tegen ELF straling ligt uiteraard in de competentie van ingenieurs en valt buiten de bevoegdheid van de gezondheidsspecialisten van het Steunpunt Milieu en Gezondheid. Moderne reken- en modelsystemen kunnen ongetwijfeld een aanzienlijke bijdrage leveren tot het op punt stellen van dergelijke beschermende maatregelen.

Vermoedelijk zijn de enige maatregelen die de individuele burger kan nemen het laten meten van de magnetisch fluxdichtheid in de verschillende kamers van zijn woning, en, indien waarden boven de 0,2  $\mu$  testla gevonden worden, overgaan tot het opzetten van een afscherming door geleidend materiaal. Dit laatste zal wellicht moeten begeleid worden door een deskundige terzake.

#### **5. Besluit.**

Dat ELF elektromagnetische straling in sommige omstandigheden gezondheidsschadende effecten heeft staat vast. De mate waarin dit het geval is, is minder duidelijk. Op basis van de informatie vermeld in punt 3 (gezondheidseffecten van ELF straling) verdient het aanbeveling blootstelling aan ELF velden boven de 0.2  $\mu$ T te vermijden. Dit is ook de richtwaarde van straling in het binnenmilieu. Dit betekent voor een hoogspanningsleiding van 380 kV dat je best op meer dan 100m van de hoogspanningslijn woont, voor een leiding van 150 kV op

meer dan 60m en voor één van 70 kV op meer dan 40m. Verdere studies zullen deze aanbevelingen verfijnen.

### **Literatuur**

Davis, Scott, Kaune, William T, Mirick, Dana K., Chen, Chu and Stevens Richard K. (2001): Residential magnetic fields, light-at-night and nocturnal 6-sulfatoxymelatonin concentration in women. Am. J. Epidemiol. 154, 591-600.

*“Draft Baseline Report on Childhood Cancer in the framework of the European Environment and Health Strategy (CON(2003)338 final)”*, opgesteld door de “Technical Working Group on priority diseases, subgroup childhood cancer”.

ENER SALINAS (2001): Mitigation of Power-Frequency Magnetic Fields With Applications to Substations and Other Parts of the Electric Network Department of Electric Power Engineering Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden 2001 (doctoral thesis).

Feychting M. & Alhobom M. (1993). Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage Power Lines. American journal of Epidemiology, 138, 467-481.

Joseph W. & Martens L. (2006). Studieopdracht: “Blootstelling aan electromagnetische velden in huis en gebouwen” (VIWTA/05/A118-1). Referentie INL/viWTA/05/A118-1.

García AM, Sisternas A, Hoyos SP. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. Int J Epidemiol 2008; 37:329-40.

Hug K, Rössli M, Rapp R. Magnetic field exposure and neurodegenerative diseases-recent epidemiological studies. Soz Präventivmed. 2006; 51:210-20.

Huss A, Spoerri A, Egger M, Rössli M. For the Swiss National Cohort Study. Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. Am J Epidemiol 2009; 169:167-75.

Rössli M, Lörtscher M, Egger M, Pfluger D, Schreier N, Lörtscher E, et al. Mortality from neurodegenerative disease and exposure to extremely low-frequency magnetic fields: 31 years of observations on Swiss railway employees. Neuroepidemiology 2007; 28(4):197-206.

**Dit rapport draagt de volledige goedkeuring van het Steunpunt Milieu en Gezondheid.**