



**PRO-ACTIEF RAPPORT
HOOGSPANNINGSKABELS**

Door

De Bont, R., Van Larebeke, N.

2002

Luik 1: Beleidsondersteuning

HOOGSPANNINGSKABELS

1. Inleiding:

Hoogspanningskabels brengen elektromagnetische velden (EMF) teweeg. De straling die hierbij optreedt, bevindt zich in het extreem-laag-frequentiegebied (ELF)(0-3000 Hz). Hoewel bronnen van huishoudelijke elektrische apparaten niet te verwaarlozen zijn, zijn de 50 Hz elektrische en magnetische velden in het leefmilieu voornamelijk afkomstig van elektriciteitslijnen. Behalve in Noord-Amerika (60 Hz) bedraagt de frequentie straling afkomstig van elektriciteitsleidingen 50 Hz. Hoe hoger de frequentie, hoe korter de afstand tussen twee golven en hoe groter de energie in het veld. Microgolven hebben bijvoorbeeld genoeg energie om geleidend materiaal te verwarmen. Nog hogere frequenties, zoals X-stralen, veroorzaken ionisatie (breken van moleculaire verbindingen) zodat het genetisch materiaal kan worden aangetast. In vergelijking hiermee heeft straling veroorzaakt door hoogspanningskabels een heel kleine frequentie en kunnen ze geen temperatuursverhoging of ionisatie veroorzaken. Ze kunnen echter wel zwakke elektrische stromen teweegbrengen in geleidende objecten, zoals mensen en dieren. Deze elektrische stromen zijn veel lager dan de sterkste elektrische stromen die natuurlijk voorkomen in het lichaam (bijvoorbeeld de stroom die het kloppen van het hart controleert).

Elektromagnetische velden bestaan uit een elektrisch veld (uitgedrukt in V/m) dat een functie is van de spanning en dat gemakkelijk kan worden afgeschermd door bijvoorbeeld gebouwen, en een magnetisch veld (uitgedrukt in A/m, Gauss of Tesla) dat proportioneel is met de stroom en dat gebouwen, bomen en andere objecten kan penetreren. Het magnetisch veld neemt echter snel af met de afstand tot de bron (vanaf hoogspanningskabels met de tweede macht van de afstand). Magnetische velden dicht bij elektrische toestellen zijn vaak sterker dan de velden direct onder hoogspanningskabels. Nochtans nemen de velden nabij toestellen sneller af in sterkte dan velden rond hoogspanningskabels (NIEHS).

2. Blootstelling:

In Duitsland zijn de niveaus van magnetische velden zeer laag, vooral in vergelijking met de USA en Canada. In Amerika bleek de prevalentie van magnetische velden met een magnetische fluxdensiteit van groter dan $0.2 \mu\text{T}$ ($0.1 \mu\text{T} = 0.08 \text{ A/m}$)(50Hz) tussen 10.1 en 11.8% van alle huizen waar men metingen deed, te liggen, in vergelijking met 1.4% in Duitsland. Alle gemiddelde waarden in residenties dicht bij hoogspanningskabels waren kleiner dan $1 \mu\text{T}$. Magnetische velden binnenshuis, waarvan de mediaan-waarde de $0.2 \mu\text{T}$ overschrijdt werden bijna altijd veroorzaakt door bronnen van buitenshuis maar 1/3 van alle sterke magnetische velden was maar toe te schrijven aan hoogspanningskabels (Schüz J *et al.*, 2000). De auteurs concluderen uit hun resultaten dat de afstand tot een hoogspanningskabel geen goede maat is voor de blootstelling. Als ze een afstand ≥ 50 m als 'niet blootgesteld' beschouwen en een afstand ≤ 50 m als 'blootgesteld' dan zouden in hun studie 20 (van de 590) residenties met magnetische velden boven $2 \mu\text{T}$ vals geclassificeerd worden als 'niet blootgesteld' omdat de bron geen hoogspanningskabel is.

Bovendien zouden 17 residenties vals geclassificeerd worden als ‘blootgesteld’ omdat deze binnen de 50 m liggen van een kabel terwijl het magnetisch veld laag is.

In Finland ligt de magnetische fluxdensiteit in huizen zonder elektrische verwarming onder 0.1 μ T (0.066-0.080 μ T). In huizen met elektrische verwarming ligt de fluxdensiteit iets hoger (0.079-0.16 μ T) vooral waar men vloerverwarming heeft. Deze metingen werden vergeleken met metingen in huizen nabij hoogspanningskabels. Men besloot dat in vergelijking met de normale fluxdensiteit van 0.1 μ T maar in 0.3 % van de volledige populatie hoogspanningskabels (110-400 kV) de dominante bron is van blootstelling aan magnetische velden (Valjus J, 1996).

Uit meetcampagnes onder 70, 150, 220 en 350 kV-lijnen blijkt dat het elektrisch veld loodrecht onder de hoogspanningslijnen in de buurt van de 5 kV/m norm ligt en dat het magnetisch veld naargelang de meetomstandigheden kan variëren van 5 tot 30 μ T. De epidemiologische grens van 0.4 μ T wordt vrijwel altijd overschreden onder de hoogspanningslijn (MIRA-T, 2001).

Epidemiologische grens:

Ahlbom *et al.* (2000) voerden een ‘pooled analysis’ uit van 9 studies i.v.m. de effecten van magnetische velden op leukemie bij kinderen. Ze kwamen tot de conclusie dat 99.2% van de kinderen leefden in huizen met een magnetische blootstelling < 0.4 μ T. Deze kinderen ondervonden geen toegenomen risico. 0.8 % van de kinderen werden binnenshuis blootgesteld aan magnetische velden \geq 0.4 μ T. Zij ondervonden een risico van ongeveer 2. 0.4 μ T wordt nu vaak als epidemiologisch bepaalde limiet van het magnetisch veld beschouwd.

3. Normen:

Personen die verblijven in de onmiddellijke omgeving (tot 50 à 100 m van de lijn) van luchtlijnen worden steeds blootgesteld aan een zeker magnetisch en elektrisch veld. Het elektrisch veld van ondergrondse kabels wordt volledig geblokkeerd door de omliggende aarde zodat men in de nabijheid van deze kabels enkel blootgesteld is aan het magnetisch veld. De International Commission on Non-ionising Radiation Protection (ICNIRP) beveelt een blootstellingsgrens aan van 5 kV/m voor het elektrisch veld en 100 μ T voor het magnetisch veld voor een 24-urenblootstelling. Voor wat het elektrisch veld betreft heeft België de richtlijn van de ICNIRP overgenomen: voor het magnetisch veld bestaat er geen Belgische regelgeving. Tegenwoordig worden de meetgegevens ook vergeleken met een epidemiologisch bepaalde waarde van 0.4 μ T voor het magnetisch veld (Alhbom, 2000)(MIRA-T, 2001).

4. Gezondheidseffecten:

In tabel 2 staan een aantal epidemiologische studies samengevat.

4.1. Kanker:

Er zijn de laatste 20 jaar heel wat studies gedaan omtrent de gezondheidseffecten van hoogspanningskabels. Vele studies bij kinderen suggereren dat EMF het risico op leukemie verhogen (Ahlbom A *et al.*, 2000; Feychting M & Ahlbom A, 1993; Green LM *et al.*, 1999; Li CY *et al.*, 1998), andere dan weer niet (Hady M & Koops FB, 1998; Kleinerman RA *et al.*, 2000; Tynes T & haldorsen T, 1997). Voor volwassenen werd er meestal geen verhoogd risico gevonden: Verkasalo PK (1996a) toonden aan dat de mogelijkheid van een toegenomen risico bij hoger magnetische veldniveaus of in relatie tot vroegere blootstelling niet kan worden uitgesloten maar de resultaten van de studie suggereren dat de magnetische velden van hoogspanningskabels geen belangrijke oorzaak zijn van leukemie bij volwassenen. In hun jaarrapport werd er door de Nederlandse Gezondheidsraad (Commissie ELF elektromagnetische velden. Den Haag, 2001) geconcludeerd dat er, op grond van de tot nu toe beschikbare informatie, een statistische associatie lijkt te bestaan tussen het wonen nabij bovengrondse elektriciteitslijnen en een kleine verhoging van de kans op leukemie bij kinderen. Er is echter geen oorzakelijke verband aangetoond met blootstelling aan van die lijnen afkomstige elektrische of magnetische velden, noch zijn er aanwijzingen voor het bestaan van zo'n oorzakelijk verband of voor een biologisch mechanisme dat het zou kunnen verklaren. Tot op heden kon er dus eigenlijk nog geen duidelijke correlatie worden aangetoond tussen blootstelling aan ELF-EMFs en de ontwikkeling van kanker. Dit komt deels doordat leukemie bij kinderen, waarop de meeste studies gebaseerd zijn, zeer weinig voorkomt. Daarenboven weet men nog niet welk mechanisme verantwoordelijk is voor de mogelijke effecten van hoogspanningskabels en kan men dus geen relevante blootstellingsparameters definiëren (Lacy-Hulbert A *et al.*, 2001).

Verkasalo PK *et al.* (1996b) vonden geen associatie tussen wonen nabij hoogspanningskabels en het risico op kanker in het algemeen bij volwassenen. In Odijk (Nederland) heeft men een onderzoek gedaan naar de kankerincidentie als gevolg van een hoogspanningskabel die er midden jaren vijftig werd aangelegd. Aanleiding hiervan was dat de inwoners van het dorp zich door tegenstrijdige berichtgeving in de pers over een mogelijke relatie tussen blootstelling aan elektrische en magnetische velden van hoogspanningslijnen en het optreden van kanker, zorgen begonnen te maken. Men concludeerde dat er geen samenhang bestaat tussen het ontstaan van kanker en de aanwezigheid van een hoogspanningslijn (Hady M & Koops FBJ, 1998).

Gurney JG & van Wijngaarden E (1999) besloten in hun reviewartikel dat er geen recent onderzoek, noch epidemiologisch, noch experimenteel, resulteerde in het aantonen van de causale rol van EMF voor hersenkanker.

In vivostudies bestuderen het biologisch effect van 50 en 60 Hz-velden op proefdieren. In een overzicht van het proefdieronderzoek stelden McCann *et al.* (2000) vast dat langdurige blootstellingen met een intensiteit tussen 2 en 5000 μ T geen kanker veroorzaken bij ratten en muizen. Deze conclusie is vergelijkbaar met die van de expertgroepen van de National Research Council (1997) en de NIEHS (1999) en van Repacholi MH en Greenebaum B (1999) van de WHO.

Een NIEHS expertgroep besloot dat 50 Hz-elektrische en –magnetische velden geklasseerd dienen te worden als ‘mogelijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2B)’

op basis van de beperkte epidemiologische evidentie voor een verband tussen leukemie bij kinderen met residentiële blootstelling en chronische lymfocyttaire leukemie bij beroepsblootstelling.

4.2. Cognitieve mogelijkheden en zenuwstelsel:

Li CY *et al.* (2002) onderzochten recent het risico op cognitieve verzwakking in relatie tot toegenomen blootstelling aan elektromagnetische velden. In vergelijking met normale blootstelling was het risico voor vroegere elektrische werkers slechts licht gestegen (OR: 1.3; 95% CI: 0.7-2.3). Voor hogere residentiële blootstelling (mensen die minder dan 100 m van een kabel wonen) was het risico ook gelijk (OR: 0.9; 95% CI: 0.3-2.6), evenals voor hogere blootstelling in zowel occupationele als residentiële omgeving (OR: 1.0; 95% CI: 0.2- 4.6). De bevindingen geven dus weinig bewijs voor de link tussen PF-EMF en cognitieve schade.

Trimmel M & Schweiger (1998) onderzochten de psychologische effecten van ELF-EMFs. Hun resultaten indiceerden een onmiddellijke reductie van cognitieve performantie in aandacht, perceptie en geheugen door een 50Hz EMF van 1 mT.

King RW (1999) toonde aan dat blootstelling aan een elektromagnetisch veld afkomstig van een hoogspanningskabel geen observeerbaar effect heeft op het normaal functioneren van zenuwen.

4.3. Vruchtbaarheid en geboortedefecten:

In zijn reviewartikel besluit Robert E (1999) dat er tot nog toe geen overtuigend bewijs is dat EMF's, waaraan zwangere vrouwen of potentieële vaders in hun beroep leven of in het dagelijks leven worden blootgesteld, het menselijke reproductief proces schaden. In twee andere studies vond hij dat er geen associatie bestaat tussen afstand tot een hoogspanningskabel en het totaal aantal congenitale anomalieën (Robert E, 1993; Robert E *et al.*, 1996).

Blaasaas KG *et al.* (2002) bestudeerde het risico op geboortedefecten bij parentale beroepsmatige blootstelling aan een 50 Hz magnetisch veld. Het totale risico op geboortedefecten was niet geassocieerd met parentale blootstelling. Blootstelling van de moeder bleek geassocieerd met een toegenomen risico van spina bifida (open rug)($p=0.04$) en klompvoetje ($p=0.04$). Een negatieve associatie werd gevonden met een gespleten verhemelte ($p=0.01$). Blootstelling van de vader was geassocieerd met een toegenomen risico op anencefalie (open schedel)($p=0.01$). Deze studie geeft dus een indicatie van een associatie tussen aangeboren afwijkingen en ouderlijk blootstelling aan 50 Hz magnetische velden. De auteurs geven echter aan dat de resultaten met voorzichtigheid moeten behandeld worden.

4.4. Melatonine:

Melatonine is een hormoon dat vooral wordt geproduceerd door de pijnappelklier, een kleine klier in de hersenen. Een reden waarom wetenschappers geïnteresseerd zijn in melatonine is omdat het een verklaring kan geven voor de resultaten van sommige EMF epidemiologische studies. Er werd namelijk door laboratoriumexperimenten aangetoond

dat melatonine de groei van sommige kankercellen, waaronder borstkankercellen vertraagt (Cini G *et al.*, 1998; Blask DE *et al.*, 1999). Als EMF de melatonineconcentratie bij mensen kan beïnvloeden, kan dit een verklarend mechanisme zijn om de resultaten van sommige EMF-studies van borstkanker te verklaren (Karasek M & Lerchl A, 2002). In de jaren '80 vonden wetenschappers dat bij ratten blootgesteld aan 60 Hz elektrische velden de melatonineniveaus 's nachts verminderd waren. Sindsdien zijn er een aantal andere studies geweest die rapporteerden dat ook magnetische velden de melatonineconcentratie van ratten en hamsters kan beïnvloeden (Lambrozo J *et al.*, 1996). Melatonineconcentraties werden niet beïnvloed bij schapen die gedurende bijna een jaar leefden onder een 500 kV-hoogspanningskabel (Lee JM Jr *et al.*, 1993). Experimenten met bavianen toonden ook geen verandering in melatoninehuishouding aan (Rogers *et al.*, 1995). Het MRI (Midwest Research Institute) toonde geen effect van EMF op melatonine bij mensen (Graham C *et al.*, 2001). Het is dus nog niet duidelijk of 50 Hz-velden een invloed hebben op het melatoninemetabolisme en welke de gevolgen zijn voor de menselijk gezondheid.

4.5. Beroepsblootstelling:

Hoe zit het nu met beroepsblootstelling aan EMF? Bowman J *et al.* (1992) vergeleek de EMF-blootstelling van elektrische arbeiders met die van niet-elektrische arbeiders in Los Angeles en Seattle. Zoals aangegeven in tabel 1 bleek deze hoger te zijn.

Tabel 1: EMF blootstelling van arbeiders in Los Angeles en Seattle (Bowman J *et al.*, 1992)

Arbeiders	Gemid. Elektrische veld		Gemid. Magnetisch veld	
	Los Angeles	Seattle	Los Angeles	Seattle
Elektrisch	19.0 V/m	51.2 V/m	9.6 mG	27.6 mG
Niet-elektrisch	5.5 V/m	10.6 V/m	1.7 mG	4.1 mG

London S *et al.* (1994) vonden een zwakke positieve trend voor een toegenomen risico op leukemie in relatie tot de blootstelling aan magnetische velden van elektrische werkers in Los Angeles (OR: 1.2, 95% CI: 1.0-1.5).

Een studie van 36000 elektrische arbeiders (Sahl *et al.*, 1993) in een grote fabriek in California vond geen bewijs voor een associatie tussen de gemeten magnetische velden en het totaal aantal gevallen van kanker (alle vormen). Er werd een toegenomen risico op leukemie en lymfoma gevonden maar deze bleken niet statistisch significant.

Een Zweedse studie (Floderus *et al.*, 1992) bij arbeiders vond een associatie tussen gemiddelde EMF-blootstelling en chronische lymfocytische leukemie maar niet met acute myeloïde leukemie. Ze rapporteerden ook een toegenomen risico op hersenkanker bij jonge mannen die werkten bij relatief hoge blootstelling aan magnetische velden.

Theriault G (1994) publiceerde een grote studie van elektrische arbeiders in Canada en Frankrijk. Ze bekeken 4151 kankergevallen bij 223292 arbeiders van 2 fabrieken in Canada en 1 in Frankrijk. Arbeiders die blootstonden aan een hogere magnetische veldsterkte dan de gemiddelde (31 mG = 3.1 μ T) hadden een significant hoger risico op het ontwikkelen van acute nonlymphoid leukemie (OR: 2.41, 95% CI: 1.07-5.44). Hetzelfde geldt voor acute myeloid leukemie (OR: 3.15, 95% CI: 1.20-8.27). Werkers met de grootste blootstelling (15.7 microT-years) aan magnetische velden hadden 12 keer

de verwachte kans op astrocytomas (een type hersentumor) (OR: 1.95, 95% CI: 0.76-5.00) maar volgens de auteurs waren de resultaten statistische gelimiteerd doordat ze gebaseerd zijn op een zeer klein aantal gevallen (5) in de hoogste blootstellingscategorie. Bovendien waren er inconsistenties tussen de 3 fabrieken en was er geen indicatie van een dosis-respons-trend. Daarom concludeerden de auteurs dat hun resultaten geen definitief bewijs kunnen leveren dat magnetische velden de oorzaak zijn van het toegenomen risico op leukemie en hersenkanker.

In een andere omvattende studie van 138000 arbeiders (Savitz *et al.*, 1995) concludeerden de auteurs dat hun resultaten geen associatie aangaven tussen occupationele blootstelling aan magnetische velden en leukemie maar ze suggereerden wel een link met hersenkanker.

Kheifets *et al.* (1995) gingen via een meta-analyse na of er een associatie bestaat tussen hersenkanker en beroepsmatige blootstelling aan elektrische en magnetische velden. De uitkomst was een kleine, maar statistisch significante verhoging van het risico (RR: 1.2, 95% CI: 1.1-1.3). Een dosis-responsrelatie werd echter niet gevonden.

Een ander meta-analyse door Kheifets *et al.* (1997) toonde een verband aan tussen beroepsmatige blootstelling aan ELF-velden en het optreden van leukemie (RR: 1.2, 95% CI: 1.1-1.3). Het relatieve risico voor chronische lymfatische leukemie bleek het grootst te zijn (RR:1.6, 95% CI: 1.1-2.2). Aanwijzingen ontbreken weer voor een dosis-responsrelatie. In een overzicht van het National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) besloot men dat er enkel voor chronische lymfocyttaire leukemie een zwakke aanwijzing bestaat voor een verband met beroepsmatige blootstelling (NIEHS, 1999).

Momenteel is de WHO bezig met een Internationaal Elektromagnetisch Veld Project dat loopt tot 2007. Het doel van dit project is de effecten van de blootstelling aan elektrische en magnetische velden (0-300 GHz) op de gezondheid en de omgeving na te gaan.

4.6. Kortetermijneffecten:

Zoals reeds vermeld kunnen magnetische velden in het lichaam elektrische stromen opwekken die kunnen leiden tot prikkeling van zenuwen en spieren. Hierdoor kunnen onwillekeurige spierbewegingen en spierkrampen ontstaan. De ernstigste, soms levensbedreigende, effecten zijn hartritmestoornissen. Voor hartkamerfibrillatie is de minimaal noodzakelijk stroomdichtheid ongeveer 2.5 A/m. Deze stroomdichtheid kan enkel door heel sterke magnetische velden worden opgewekt (De Ridder M & Vanhoorne M, 2001).

Graham C & Cook MR (1999) stelden in een laboratoriumonderzoek vast dat mannen die werden blootgesteld aan een 60 Hz magnetisch veld van 28.3 μ T een verminderde slaaptijd en een verstoring van het slaappatroon vertoonden. Alle effecten waren significant ($p \leq 0.04$).

In zijn review-artikel concludeerde Jauchem JR (1997) dat er bij blootstelling aan ELF EMFs bij veldsterkten lager dan de normen geen duidelijke cardiovasculaire effecten optreden. De normen die hier gehanteerd werden zijn de richtlijnen voor de limiet van

blootstelling tussen 0.2 en 10 mV/cm₂, zoals gesuggereerd door het 'Institute of Electrical and Electronic Engineers' (USA).

Een studie die de prevalentie van depressieve symptomen en hoofdpijn onderzochten bij mensen die dichtbij een hoogspanningskabel wonen toonde een associatie aan tussen depressieve symptomen en het wonen nabij zo'n kabel (OR: 2.8, 95% CI: 1.6-5.1). Er werd geen significante associatie gevonden met hoofdpijn (niet-migraine: OR: 1.5, 95% CI: 0.76-2.8; migraine: OR: 0.99, 95% CI: 0.29-3.4)(Poole C *et al.*, 1993). Reichmanis M *et al.* (1997) toonden aan dat er een correlatie bestaat tussen de aanwezigheid van hoogspanningskabels en de incidentie van zelfmoord. Er werd ook aangetoond dat beroepsmatige blootstelling aan ELF zelfmoord in de hand werkt (van Wijngaarden E *et al.*, 2000).

4.7. In vitro studies:

In-vitrostudies hebben tot doel effecten van elektrische of magnetische velden op individuele cellen of geïsoleerde weefsels te ontdekken, die in verband staan met nadelige gezondheidseffecten. Volgens het expertpanel van de National Research Council leidt het geheel van deze studies tot de vaststelling dat magnetische veldsterkten zoals ze in de leefomgeving voorkomen, geen betekenisvolle in-vitro-effecten doen ontstaan. Het algemene besluit van de in-vitrostudies is dat 50 Hz-magnetische en –elektrische velden enkel wijzigingen in cellen veroorzaken bij veldsterkten die een factor 1000 tot 100000 hoger zijn dan de veldsterkten in de leefomgeving (De Ridder M, Vanhoorne M, 2001).

5. Invloed van de windrichting:

In het najaar van 2000 verschenen berichten in de media dat het wonen benedenwinds bij hoogspanningslijnen gecorreleerd zou zijn met een verhoogde kans op longkanker. Het gaat echter over een hypothese: de 'corona-ion' hypothese. De 'corona-ion' hypothese is afkomstig van Henshaw en medewerkers van de Universiteit van Bristol, die al langere tijd onderzoek doen naar de effecten van ionisaties die plaatsvinden op zeer korte afstand van hoogspanningslijnen. Het daar zeer sterke elektrische veld is in staat om luchtmoleculen te ioniseren. Deze ionen kunnen zich vervolgens binden aan grotere moleculen of aerosolen en een complex vormen dat een positieve of negatieve lading heeft. Dergelijke complexen kunnen onder invloed van het elektrische veld en de wind in een bepaalde richting gedreven worden, waardoor lokaal verhoogde concentraties kunnen ontstaan. De groep uit Bristol heeft aangetoond dat dit verschijnsel optreedt bij onder meer radonvervalproducten en aerosolen van luchtvervuilende stoffen (vb. roetdeeltjes) (Fews AP *et al.*, 1999). Radonvervalproducten, die overigens overal in wisselende concentraties voorkomen, zijn radioactief. Zij kunnen, als ze worden ingeademd, in de luchtwegen neerslaan en plaatselijk door het afgeven van een relatief hoge dosis straling tot bepaalde vormen van longkanker aanleiding geven. Een verhoging van de ingeademde concentratie radonvervalproducten zou zo een grotere kans op longkanker kunnen inhouden. Eenzelfde mechanisme zou een rol kunnen spelen bij een verhoogde opname van aerosolen van luchtvervuilende stoffen. Dat zou dan theoretisch kunnen leiden tot een toename van de kans op longkanker of, bij opname in het lichaam, tot andere vormen van

kanker of andere ziekten. Risico-analyses van de, op zich plausibele, verhoging van de concentraties radonvervalproducten en luchtvervuilende stoffen nabij hoogspanningslijnen hebben echter laten zien dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat dergelijke verschijnselen de associatie tussen hoogspanningskabels en de incidentie van kanker of andere ziekten kan verklaren (Jeffers D, 1999; Swanson J & Jeffers D, 1999).

6. Conclusie:

Elektromagnetische golven en hun effecten op de gezondheid zijn een controversieel onderwerp dat zeer gevoelig ligt, maar waarover moeilijk definitieve uitspraken kunnen worden gedaan. Sommige studies zijn geruststellend, andere zijn dan weer alarmerend.

Epidemiologische studies geven vaak een associatie aan tussen 50 Hz-elektromagnetische velden en leukemie bij kinderen en chronische lymfocyttaire leukemie bij beroepsblootgestelde volwassenen. In contrast hiermee staan de dierexperimenten waar geen toename van leukemie werd vastgesteld. Men is eer ook nog niet in geslaagd om een biologisch mechanisme aan te tonen dat een verklaring geeft voor het verband tussen blootstelling en effect. Hierdoor is het moeilijk te besluiten dat het verband te wijten is aan 50 Hz-velden en niet aan andere factoren.

Het probleem met testen op proefdieren of cellen is niet alleen dat het moeilijk is om te veralgemenen, maar ook dat onderzoekers bijna geen enkel experiment ooit onder identieke omstandigheden herhaald hebben. Daardoor kunnen tegengestelde resultaten altijd honderd en één verklaringen hebben en is vergelijken moeilijk. Epidemiologische studies hebben zo hun eigen problemen. Er vallen alleen betrouwbare resultaten uit af te leiden als ze goed opgesteld zijn, dat wil zeggen over voldoende lange tijd lopen, genoeg mensen volgen en met alle storende factoren rekening houden. Beoordelen of een studie aan die voorwaarden voldoet, is niet altijd eenvoudig. Bij studies naar de invloed van hoogspanningskabels moet men tevens rekening houden met het feit dat er binnenshuis t.g.v. elektrische leidingen en elektrische apparatuur ook elektromagnetische straling voorkomt.

Voorlopig lijkt alles dus betrekkelijk veilig, maar verder onderzoek blijft noodzakelijk.

Inderdaad, het lijkt zeer onwaarschijnlijk dat extreem lage frequentie EM-straling een sterk kankerverwekkend effect heeft. Daarentegen bestaat de mogelijkheid dat deze straling wel degelijk een zeer zwak kankerverwekkend effect heeft.

Voorzichtigheid is dus geboden (De Ridder M & Vanhoorne M, 2001):

- Bij plaatsing van hoogspanningslijnen en –cabines met men rekening houden met de bewoning.
- Men dient nieuwe technologieën te ontwikkelen die de veldsterkten verlagen.
- Er moeten meetcampagnes uitgevoerd worden om hoge blootstellingen op te sporen en eventueel te verhelpen.
- Men dient te vermijden dat kinderen onder een hoogspanningslijn wonen.

- Men moet meer investeren in wetenschappelijk onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten.

7. Bibliografie:

Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T, Verkasalo PK, 2000.

A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia.
British Journal of Cancer, 83(5):692-698.

Blaasaas KG, Tynes T, Irgens A, Lie RT, 2002.

Risk of birth defects by parental occupational exposure to 50 Hz electromagnetic fields: a population based study.
Occup Environ Med, 59(2):92-7.

Blask DE, Sauer LA, Dauchy R, Holowachuk EW, Ruhoff MS, 1999.

New actions of melatonin on tumor metabolism and growth.
Biol Signals Recept, 8(1-2):49-55.

Bowman,JD; Sobel,E; London,SJ; Thomas,DC; Garabrant,DH; Pearce,N; Peters,JM, 1992. Electric and magnetic field exposure, chemical exposure, and leukemia risk in "electrical" occupations. Final Report TR-101723. (EPRI TR-101723, Project 799-27, Final Report, December 1992) Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA. 100 pages. (Prepared by USC School of Medicine, Department of Preventive Medicine)

Cini G, Coronello M, Mini E, Neri B, 1998.

Melatonin's growth-inhibitory effect on hepatoma AH 130 in the rat.
Cancer Lett, 125(1-2):51-9.

De Ridder M, Vanhoorne M, 2001.

Gezondheidseffecten van 50 hertz-elektrische en –magnetsiche velden rond elektriciteitsgeleiders.
Tijdschrift voor Geneeskunde, 57(4):247-254.

Fews AP, Henshaw DL, Keitch PA, Close JJ, Wilding RJ, 1999.

Increased exposure to pollutant aerosols under high voltage power lines.
Int J Radiat Biol, 75(12):1505-21.

Feychting M, Ahlbom A, 1993.

Magnetic fields and cancer in children residing near swedish high-voltage power lines.
Am J Epidemiology, 138(7):467-481.

Feychting M, Ahlbom A, 1994.

Magnetic Fields, Leukemia, and central nervous system tumors in swedish adults residing near high-voltage power lines.
Epidemiology, 5(5):501-509.

Feychting M, Forssén U, Rutqvist LE, Ahlbom A, 1998.

Magnetic fields and breast cancer in swedish adults residing near high-voltage power lines.
Epidemiology, 9(4):392-397.

- Floderus B, Persson T, Stenlund C, 1992.
Increased risk of leukemias and brain tumors in occupational exposure to magnetic fields
Lakartidningen, 9;89(50):4363-6.
- Gezondheidsraad. Commissie ELF elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden:
Jaarbericht 2001. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/14.
- Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Villeneuve, Tibshirani R, 1999.
Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada.
Cancer Causes Control, 10(3):233-43.
- Graham C, Cook MR, 1999.
Human sleep in 60 Hz magnetic fields.
Bioelectromagnetics, 20(5):277-83.
- Graham C, Cook MR, Gerkovich MM, Sastre A, 2001.
Examination of the melatonin hypothesis in women exposed at night to EMF or bright light.
Environ Health Perspect, 109(5):501-7.
- Gurney JG, van Wijngaarden E, 1999.
Extremely low frequency electromagnetic fields (EMF) and brain cancer in adults and children: review and comment.
Neuro-oncol, 1(3):212-20.
- Hady M, Koops FB, 1998.
No increase in cancer incidence due to high-voltage cables in Odijk.
Ned Tijdschr Geneesk, 142(27):1559-62.
- Jauchem JR, 1997.
Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans.
Int Arch Occup Environ Health, 70(1):9-21.
- Jeffers D, 1999.
Effects of wind and electric fields on ²¹⁸Po deposition from the atmosphere.
Int J Radiat Biol, 75(12): 1533-9.
- Karasek M, Lerchl A, 2002.
REVIEW. Melatonin And Magnetic Fields.
Neuroendocrinol Lett, 23 Suppl 1:84-7.
- Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA, *et al.*, 1995.

Occupational and magnetic field exposure and brain cancer. A meta-analysis.
J Occup Environ Med, 37:1237-1241.

Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA, *et al.*, 1997.
Occupational and magnetic field exposure and leukemia. A meta-analysis.
J Occup Environ Med, 39:1074-1091.

King RW, 1999.
Nerves in a human body exposed to low-frequency electromagnetic fields.
IEEE Trans Biomed Eng, 46(12):1426-31.

Kleinerman RA, Kaune WT, Hatch EE, Wacholder S, Linet MS, Robison LL, Niwa S, Tarone RE, 2000.
Are children living near high-voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia?
America Journal of epidemiology, 151(5):512-515.

Lacy-Hulbert A, Metcalfe JC, Hesketh R, 1998.
Biological responses to electromagnetic fields.
The FASEB Journal, 12:395-420.

Lambrozo J, Touitou Y, Dab W, 1996.
Exploring the EMF-Melatonin Connection: A Review of the Possible Effects of 50/60-Hz Electric and Magnetic Fields on Melatonin Secretion.
Int J Occup Environ Health, 2(1):37-47.

Lee JM Jr, Stormshak F, Thompson JM, Thinesen P, Painter LJ, Olenchek EG, Hess DL, Forbes R, Foster DL, 1993.
Melatonin secretion and puberty in female lambs exposed to environmental electric and magnetic fields.
Biol Reprod, 49(4):857-64.

Li CY, Lee WC, Lin RS, 1998.
Risk of leukemia in children living near high-voltage transmission lines.
J Occup Environ Med, 40(2):144-7.

Li CY, Sung FC, Wu SC, 2002.
Risk of cognitive impairment in relation to elevated exposure to electromagnetic fields.
J Occup Environ Med, 44(1):66-72.

London SJ, Bowman JD, Sobel E, Thomas DC, Garabrant DH, Pearce N, Bernstein L, Peters JM, 1994.
Exposure to magnetic fields among electrical workers in relation to leukemia risk in Los Angeles County.
Am J Ind Med, 26(1):47-60.

McCann J, Kavet R, Rafferty CN, 2000.

Assessing the potential carcinogenic activity of magnetic fields using animal models.
Environ Health Perspect, 108 suppl 1:79-100.

Michaelis J, Schuz J, Meinert R, Menger M, Grigat JP, Kaatsch P, Kaletsch U, Miesner A, Stamm A, Brijkmann K, Karner H, 1997.
Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany.
Cancer Causes Control, 8(2):167-74.

MIRA-T, 2001.
Milieu-en natuurrapport Vlaanderen: thema's.
Vlaamse Milieu Maatschappij en Garant Uitgevers nv.

National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). Health effects from exposure of power-line frequency electric and magnetic fields. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health. 1999; nr. NIH 99-4493.

National Research Council (NRC). Committee on the Possible Effects of Electromagnetic Fields on Biological Systems. Possible Health effects of exposure to residential electric and magnetic fields. Washington DC: National Academy Press, 1997.

Poole C, Kavet R, Funch DP, Donelan K, Charry JM, Dreyer NA, 1993.
Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way.
Am J Epidemiol, 137(3):318-30.

Reichmanis M, Perry FS, Marino AA, Becker RO, 1997.
Relation between suicide and the electromagnetic field of overhead power lines.
Physiol Chem Phys, 11(5):395-403.

Repacholi MH, Greenebaum B, 1999.
Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs.
Bioelectromagnetics, 20:133-160.

Robert E, 1993.
Birth defects and high voltage power lines : an exploratory study based on registry data.
Reprod Toxicol, 7(3):283-7.

Robert E, 1999.
Intrauterine effects of electromagnetic fields (low frequency RF, mid-frequency RF, and microwave): review of epidemiological studies.
Teratology, 59(4):292-8.

Robert E, Harris JA, Robert O, Selvin S, 1996.

Case-control study on maternal residential proximity to high voltage power lines and congenital anomalies in France.

Paediatr Perinat Epidemiol, 10(1):32-8.

Rogers WR, Reiter RJ, Barlow-Walden L, Smith HD, Orr JL, 1995.

Regularly scheduled, day-time, slow-onset 60 Hz electric and magnetic field exposure does not depress serum melatonin concentration in nonhuman primates.

Bioelectromagnetics Suppl. 3:111-118.

Sahl JD, Kelsh MA, Greenland S, 1993.

Cohort and nested case-control studies of hematopoietic cancers and brain cancer among electric utility workers.

Epidemiology, 4(2):104-14.

Savitz DA, Loomis DP, 1995.

Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers.

Am J Epidemiol, 141(2):123-34.

Schüz J, Grigat JP, Störmer B, Rippin G, Brinkmann K, Michaelis J, 2000.

Extremely low frequency magnetic fields in residences in Germany. Distribution of measurements, comparison of two methods for assessing exposure, and predictors for the occurrence of magnetic fields above background level.

Radiat Environ Biophys, 39:233-240.

Swanson J, Jeffers D, 1999.

Possible mechanisms by which electric fields from power lines might affect airborne particles harmful to health.

J Radiol Protect, 19(3): 213-29.

Theriault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guenel P, Deadman J, Imbernon E, To T, Chevalier A, Cyr D, et al, 1994.

Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989.

Am J Epidemiol, 139(6):550-72.

Trimmel M, Schweiger E, 1998.

Effects of an ELF (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity.

Toxicol Lett, 96-97:377-82.

Tynes T, Haldorsen T, 1997.

Electromagnetic fields and cancer in children residing near norwegian high-voltage power lines.

Am J Epidemiol, 145(3):219-226.

UK Childhood Cancer Study Investigators.
UK Childhood cancer and residential proximity to power lines.
Br J Cancer, 83(11):1573-1580.

Valjus J, 1996.
Health risks of electric and magnetic fields caused by high-voltage systems in Finland.
Scand J Work Environ Health, 22:85-93.

van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D, 2000.
Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study.
West J Med, 173(2):94-100.

Verkasalo PK, 1996a.
Magnetic fields and leukemia-risk for adults living close to power lines.
Scand J Work Environ Health, 22 (suppl2): 56p.

Verkasalo PK, Pukkala E, Kaprio J, Heikkila KV, Koskenvuo M, 1996b.
Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study.
BMJ, 313:1047-1051.