

## **Hoe wordt in epidemiologische studies de magnetische veldsterkte in de buurt van hoogspanningslijnen bepaald en wat is langdurige blootstelling?**

Gert Kelfkens, Mathieu Pruppers

Laboratorium voor Stralingsonderzoek, Sector Milieurisico's en Externe Veiligheid

### **Conclusies**

De magnetische veldsterkte die in epidemiologische studies wordt vermeld is een gemiddelde waarde van het magnetische veld over een bepaalde periode. Als het magnetische veld gemeten wordt, is deze periode typisch 24 uur. Als plaats voor de meting wordt meestal de kinderslaapkamer gekozen. Bij studies die uitgaan van berekende magnetische velden wordt de berekening van het magnetische veld gebaseerd op het jaargemiddelde van de stroom door de lijn. De gemeten veldsterktes in de buurt van hoogspanningslijnen zijn inclusief de bijdrage van apparatuur en bedrading in de woning. Als het magnetische veld wordt berekend, is dat uitsluitend het veld afkomstig van de hoogspanningslijn.

Als maat voor de blootstelling wordt in de epidemiologische studies het wonen in de buurt van de hoogspanningslijn, bij een bepaalde magnetische veldsterkte, gebruikt. De invloed van de duur van de blootstelling op het ontstaan van kinderleukemie is niet precies onderzocht. Geen van de studies doet een uitspraak over de tijd die de kinderen in de woning doorbrengen of wanneer van 'langdurige' (dagelijkse) blootstelling sprake is.

Zolang niet duidelijk is op welke manier de mogelijke verhoging van het risico op kinderleukemie in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen tot stand komt, is een precieze dosimetrie voor een mogelijk veroorzakend agens niet mogelijk en niet zinvol.

## 1 Inleiding

Bij de vormgeving van nieuw beleid met betrekking tot magnetische velden van hoogspanningslijnen is het van belang om te weten hoe de magnetische veldsterkten zijn bepaald in de epidemiologische studies die concluderen dat er mogelijk een verhoogd risico op kinderleukemie kan optreden bij blootstelling aan magnetische velden met veldsterkte boven een waarde van ergens tussen 0,2 microtesla en 0,5 microtesla. Verder is belangrijk of er uit die studies een wetenschappelijke onderbouwing afgeleid kan worden voor de invloed van de blootstellingsduur en wanneer van ‘langdurige’ blootstelling sprake is.

## 2 Epidemiologisch onderzoek

In deze notitie zetten we de gegevens op een rij voor de in totaal 13 verschillende studies uit de ‘pooled analyses’ van Ahlbom en van Greenland [1, 2]. Deze twee studies vormen de belangrijkste basis voor de associatie tussen leukemie bij kinderen en magnetische velden in de buurt van hoogspanningslijnen (zie Tabel 1).

## 3 Veldsterkte bepaling

Bij 9 van de 13 epidemiologische studies is het magnetische veld gemeten. In 4 studies wordt het magnetische veld berekend op basis van de lijnkaracteristieken, de afstand tot de lijn en gegevens over de belasting van de lijn. Eén studie [3] is gebaseerd op metingen én berekeningen.

### 3.1 Gemeten blootstelling

Bij de metingen worden vrijwel altijd de drie componenten van het magnetische veld gemeten en de RMS-waarde<sup>1</sup> berekend. In 8 van de 9 studies die gebaseerd zijn op gemeten magnetische velden strekt de meting zich uit over een periode van 12, 24 of 48 uur. Als plaats van de meting wordt veel gewicht toegekend aan de kinderslaapkamer. De blootstellingsmaat is meestal het tijdgemiddelde<sup>2</sup> van de metingen. Dit tijdgemiddelde bevat de bijdrage van het magnetische veld veroorzaakt door de hoogspanningslijn en door apparatuur en bedrading in de woning. Eén studie [4] heeft een beperktere opzet en middelt enkele metingen in die vertrekken waar kinderen veel verblijven. Meestal wordt ook de omgevingsblootstelling bepaald door een meting net buiten de voordeur of een aantal metingen langs de perceelgrens. Drie studies [3, 4, 5] proberen in te schatten hoeveel andere bronnen, zoals elektrische apparatuur en bedrading in huis, bijdragen aan het magnetische veld. Dit gebeurt door een extra meting te doen waarbij de stroom van de woning is afgesloten. Uit [5] kan worden geconcludeerd dat de gemiddelde magnetische veldsterkte in de woonvertrekken van woningen in de buurt van een hoogspanningslijn hierdoor tot ongeveer 80% wordt teruggebracht.

---

<sup>1</sup>  $B_{rms} = \sqrt{(B_x^2 + B_y^2 + B_z^2)}$

<sup>2</sup> Meestal het gewone, aritmetische gemiddelde soms wordt ook voor het geometrische gemiddelde gekozen.

### 3.2 Berekende blootstelling

In de 4 studies waar het magnetische veld wordt berekend is dat op basis van het jaargemiddelde van de stroom door de lijn zoals het energiebedrijf die heeft bepaald, meestal op basis van daggemiddelden. Uit deze stroomsterkte, de afstand van de woning tot de hoogspanningslijn en de karakteristieken van de lijn wordt met computerprogrammatuur de (jaargemiddelde) magnetische veldsterkte ter plekke van de woning bepaald. Deze berekende veldsterkte omvat alleen het magnetische veld veroorzaakt door de hoogspanningslijn. Het magnetische veld ten gevolge van apparatuur en bedrading in de woning wordt niet meegenomen. Eén studie zegt ook de maximale jaarlijkse belasting te hebben geëvalueerd [6], maar die wordt verder bij de resultaten niet meer genoemd. Geen van de epidemiologische studies bevat gegevens over hoe de jaargemiddelde stroomsterkte zich verhoudt tot de stroom die de circuits maximaal kunnen transporteren.

## 4 Blootstellingsduur

De epidemiologische studies evalueren in feite het verband tussen wonen in de buurt van een bovengrondse hoogspanningslijn, waar het (tijdgemiddelde) magnetische veld en bepaalde waarde heeft, en het risico op leukemie. De invloed van de verblijftijd van de kinderen in de woning of van de dagelijkse blootstellingsduur wordt in geen van de onderzoeken expliciet onderzocht. Impliciet wordt er wel van uitgegaan dat een combinatie van de sterkte van het magnetische veld en de verblijfsduur van het kind de biologisch relevante 'dosis' bepaalt en dat de controlegroep en de groep leukemiegevallen gemiddeld even lang in de woning verblijven.

## 5 Onzekerheden

De achterliggende vraag voor dit rapport is het zoeken naar een goede dosismaat voor het agens dat mogelijk kinderleukemie veroorzaakt of de ontwikkeling daarvan beïnvloedt. Omdat er over een biologisch mechanisme volgens welke blootstelling aan magnetische velden tot leukemie zou kunnen leiden nog niets duidelijk is, bevat elk antwoord op de vraag naar de relevante dosismaat grote onzekerheden. Drie belangrijke oorzaken van onzekerheden zijn:

- In de epidemiologische studies uit de pooled analyses is alleen een statistisch verband tussen kinderleukemie en het magnetische veld gevonden. Voor het elektrisch veld, bijvoorbeeld, is die associatie er niet. Toch blijft het mogelijk dat er een andere oorzaak is voor een verhoogd leukemie risico die direct of indirect met het magnetische veld samenhangt.
- Bij gebrek aan beter schatten vrijwel alle geëvalueerde studies de relevante blootstelling aan het magnetische veld in op basis van het gemiddelde magnetisch veld over een bepaalde periode (12 uur tot een jaar) ter plekke van de woning en/of slaapkamer. Feitelijk wordt daarmee de relatie tussen het tijdgemiddelde magnetische veld en het risico op leukemie onderzocht. Impliciet wordt daarbij aangenomen dat de manier waarop kinderen worden blootgesteld niet uitmaakt. Blootstelling aan een relatief zwak vrijwel constant magnetisch veld gedurende lange tijd zou hetzelfde effect hebben als korte periodes van blootstelling aan een sterk wisselend magnetisch veld. Een recente studie naar een mogelijke relatie tussen blootstelling aan magnetische velden en miskramen [16] stelt precies deze veronderstelling ter discussie. In genoemde studie is een verhoogd risico op een miskraam niet geassocieerd met de gemiddelde blootstelling

aan magnetische velden, maar wel met blootstelling aan piekwaarden boven 1,6 microtesla.

- Het is niet bekend welke blootstellingsperiode relevant is voor de inductie van kinderleukemie. De metingen van het magnetische veld vinden soms plaats na de diagnose, ook al is het kind verhuisd. Soms worden alleen kinderen in de studie opgenomen die minimaal 1 jaar voor de diagnose in hetzelfde huis woonden. De studies waarin het magnetische veld wordt berekend gaan uit van de jaargemiddelde stroom, meestal in het jaar voor de diagnose. Maar de cruciale periode voor blootstelling kan verder terug in de tijd liggen.

Tabel 1 Blootstellingsgegevens voor de studies in de pooled analyses

Studie	Gemeten blootstelling	Berekende blootstelling	land	Greenland pooled analysis	Ahlbom pooled analysis
Feychting [3]	Eenmalige meting (4x 5 minuten) in centrale kamer. Ook meting met stroom in huis afgesloten (kamer dichtst bij lijn, centrale kamer en kamer verst van lijn)	Jaargemiddelde belasting op basis van historische gegevens voor het kalenderjaar voorafgaand aan de diagnose; verder afstand, en lijnkenmerken, aanvullend berekende dosis op tijdstip meting	Zweden	X	X
Savitz [4]	Metingen in kinderslaapkamer, ouderslaapkamer en kamer(s) waar kind volgens opgestuurde vragenlijst gemiddeld meer dan 1 uur per dag verblijft. Duur van de meting niet vermeld. Ook meting bij de voordeur en met stroom in huis afgesloten		Verenigde Staten	X	
London [5]	24 uren gemiddelde meting in kinderslaapkamer. Kortdurende metingen in 3 andere vertrekken en in de tuin. Ook meting met stroom in huis afgesloten		Verenigde Staten	X	
Tynes [6]		jaargemiddelde historische belasting; maximale belasting, cumulatieve dosis gedurende eerste levensjaar en gedurende eerste 4 jaar	Noorwegen	X	X
Coghill [7]	Meting gedurende ongeveer 24 uur. Als blootstellingsmaat wordt het 12 uren gemiddelde (20.00 u tot 8.00 u) in de kinderslaapkamer gekozen		Engeland	X	
Dockerty [8]	24 uren gemiddelde (kamer waar kind het meest verblijft en kinderslaapkamer)		Nieuw-Zeeland	X	X

Studie	Gemeten blootstelling	Berekende blootstelling	land	Greenland pooled analysis	Ahlbom pooled analysis
Linnet [9]	Tijdgemiddelde blootstelling huishouden. Gebaseerd op activiteiten patroon kind, 24 uren gemiddelde meting in kinderslaapkamer en incidentele metingen in keuken, woonkamer en buiten voordeur		Verenigde Staten	X	X
McBride [10]	48 uren gemiddelde gebaseerd op persoonlijke dosimeter in rugzak kind en een 24 uren meting in de kinderslaapkamer. Eenmalige meting buiten voordeur en langs perceelgrens.		Canada	X	X
Michaelis [11]	24 uren gemiddelde meting in kinderslaapkamer en woonkamer		Duitsland	X	X
Olsen [12]		jaargemiddelde stroom over een volledig kalenderjaar; verder afstand, en lijnkaracteristieken	Denemarken	X	X
Tomenius [13]	Eenmalige meting magnetisch veld buiten de voordeur. Instrument bevat één spoel die zo wordt gedraaid dat gemeten waarde maximaal is		Zweden	X	
Verkasalo [14]		magneetveldberekening gebaseerd op jaargemiddelde stroom, lijneigenschappen en afstand	Finland	X	X
UKCCS [15]	Spot metingen, aangevuld met 48 uren gemiddelde meting voor de hoge dosisgroep		Engeland		X

## Referenties

- 1 Ahlbom A, Day N, Feychting M *et al.* A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 2000; 83(5):692-8.
- 2 Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 2000; 11(6):624-34.
- 3 Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 1993; 138(7):467-81.
- 4 Savitz DA, Wachtel H, Barnes FA, John EM, Tvrdik JG. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60 Hz magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 1988; 128(1):21-38.
- 5 London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng T-C, Peters JM. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am. J. Epidemiol.* 1991; 134(9):923-37.
- 6 Tynes T, Haldorsen T. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 1997; 145(3):219-26.
- 7 Coghill RW, Steward J, Philips A. Extra low frequency electric and magnetic fields in the bedplace of children diagnosed with leukaemia: a case-control study. *Eur. J. Cancer Prev.* 1996; 5(3):153-8.
- 8 Dockerty JD, Elwood JM, Skegg DCG, Herbison GP. Electromagnetic field exposures and childhood leukaemia in New Zealand [letter]. *The Lancet* 1999; 354(9194):1967-8.
- 9 Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Friedman DR. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *The New England Journal of Medicine* 1997; 337(1):1-7.
- 10 McBride ML, Gallagher RP, Theriault G. Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *Am. J. Epidemiol.* 1999; 149(9):831-42.
- 11 Michaelis J, Schüz J, Meinert R *et al.* Combined risk estimates for two German population-based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology* 1998; 9(1):92-4.
- 12 Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *Br. Med. J.* 1993; 307(6909):891-5.
- 13 Tomenius L. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County. *Bioelectromagnetics* 1986; 7(2):191-207.
- 14 Verkasalo PK, Pukkala E, Hongisto MY *et al.* Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br. Med. J.* 1993; 307(6909):895-9.
- 15 UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *The Lancet* 1999; 354(9194):1925-31.
- 16 Li D, R Odouli, S Wi, T Janevic, I Golditch, TD Bracken, R Senior, R Rankin and R Iriye. A population based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology.* 2002 Jan;13(1):9-20.