

GGD Richtlijn

Gezondheidsrisico's van Bovengrondse Hoogspanningslijnen

Penvoerder: N.E. van Brederode
Werkgroepleden: C.J.M. van den Bogaard
M. van Bruggen
T. Fast
C. Hegger
D.H.J. van de Weerd

Inhoud

1. Probleemomschrijving	5	
2. Blootstelling	7	
2.1 ELF-EM velden	7	
2.2 Bronnen van EM velden vanuit het elektriciteitsnet en hun bijdrage aan de blootstelling in de woonomgeving	8	
2.3 Blootstellingsbepaling	13	
2.4 Zakelijk rechtstrook/ belaste strook rondom hoogspanningslijnen/-kabels	14	
3. Blootstellingseffectrelaties	16	
3.1 Kortetermijneffecten	16	
3.2 Langetermijneffecten	17	
3.3 Overzicht mogelijke effecten blootstelling aan ELF-EM velden	17	
4. Toetsingskader	21	
4.1 Beleid t.a.v. blootstelling aan hoge veldsterkten met het oog op kortetermijneffecten	21	
4.2 Beleid t.a.v. blootstelling aan lage veldsterkten met het oog op langetermijneffecten	21	
5. Advisering door de GGD	24	
5.1 Noodzakelijke gegevens	24	
5.1.1 Gegevens over de locatie	24	
5.1.2 Gegevens over blootstelling en informatie over de elektrische veldsterkte	24	
5.1.3 Gegevens over de zakelijk rechtstrook	25	
5.2 Advisering door de GGD	26	
5.3 Afweging van alternatieve oplossingen	27	
5.3.1 Definiëring van bestemmingen met langdurige blootstelling van kinderen	27	
5.3.2 Ondergrondse kabels vs. bovengrondse hoogspanningslijnen	28	
6. Samenvatting	30	
7. Stappenplan/ Rol GGD	31	
8. Betrokken instanties	32	
9. Literatuur		
10. Definities/Afkortingen	38	
11. Geraadpleegde deskundigen	42	
12. Samenstelling werkgroep	42	
Bijlage 1	Organisatie van het elektriciteitstransport in Nederland	44
Bijlage 2	Begripsbepaling ten aanzien van elektromagnetische straling en velden	46
Bijlage 3	Bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland (Kelfkens, 2003)	47
Bijlage 4	Model-bouwverordening, artikel 2.5.19. Bouwen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoofdtransportleidingen	48

Bijlage 5	Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van de Staatssecretaris van VROM (VROM, 2005)	49
Bijlage 6 en 7	Voorbeelden van onderzoeken naar veldsterkten van hoogspanningslijnen. Voorbeeld van complexe onderzoeken in Helmond en Veenendaal.	50

1. Probleemomschrijving

Sinds enkele jaren neemt de bezorgdheid toe over een mogelijk nadelig effect van bovengrondse hoogspanningslijnen op de gezondheid van omwonenden en vooral op het ontstaan van leukemie bij kinderen. In toenemende mate wordt, door burgers, druk uitgeoefend op de overheid om voldoende afstand te bewaren tussen woningen of andere gevoelige bestemmingen en hoogspanningslijnen.

GGD'en kunnen een belangrijke rol spelen bij de advisering van de lokale overheid over dit onderwerp en bij de risicocommunicatie naar burgers. Het is daarom van belang dat zij over voldoende inhoudelijke kennis beschikken en op de hoogte zijn van het beleid van de rijksoverheid. Dit geldt vooral bij het voorliggende onderwerp omdat het beleid niet, zoals gebruikelijk, gebaseerd is op een bewezen verhoogd gezondheidsrisico. Omdat echter wel een consistente associatie tussen het wonen bij hoogspanningslijnen en het optreden van leukemie van kinderen is geconstateerd, wordt vooralsnog het voorzorgprincipe¹ gehanteerd (VROM, 2004a).

De zorg om langetermijn effecten van extreem laag frequente (ELF) elektromagnetische velden van hoogspanningslijnen is ingegeven door de resultaten van buitenlands epidemiologisch onderzoek naar het wonen in de buurt van hoogspanningstracés en het voorkomen van leukemie bij kinderen. Verscheidene meta-analyses van epidemiologisch onderzoek in de VS en Scandinavië laten zien dat er sprake is van een "redelijk consistente associatie" tussen het voorkomen van leukemie bij kinderen en het wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen, zowel hoogspannings- als distributielijnen (Ahlbom et al, 2000; Greenland et al, 2000).

Op grond hiervan worden magnetische velden van bovengrondse hoogspanningslijnen beschouwd als mogelijk carcinogeen voor kinderen (IARC klasse 2B; IARC, 2002). De associatie is echter zwak en er zijn geen aanwijzingen voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en effect. Tot nu toe is er namelijk geen biologisch mechanisme bekend. Op grond van deze overwegingen concludeert de Gezondheidsraad dat er geen redenen zijn om maatregelen te nemen (Gezondheidsraad 2000, 2001, 2004). De Gezondheidsraad adviseert om nader onderzoek te doen, vooral naar het werkingsmechanisme, en prospectief epidemiologisch onderzoek met veel aandacht het meten van de blootstelling. Vanwege de geconstateerde consistente associatie is het overheidsbeleid, op grond van het voorzorgprincipe, er vooralsnog op gericht dat er zo weinig mogelijk nieuwe² situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Bij bestaande situaties worden op dit moment, vanwege de hoge kosten van maatregelen en de onzekerheden over het mogelijke gezondheidsrisico, geen maatregelen aangegeven (VROM, 2001, 2004a, 2005a, 2005b).

¹ Zie voor toelichting op 'voorzorgprincipe' hoofdstuk 5.2 en hoofdstuk 10: definities

Burgers staan continu bloot aan elektromagnetische velden met een frequentie van 50 Hz, die ontstaan bij het transport en het gebruik van elektriciteit. Deze richtlijn zal zich richten op de eventuele gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen omdat alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen een associatie is gelegd met gezondheidseffecten. Ten aanzien van elektromagnetische velden rond transformatorhuisjes en elektrische apparaten bestaat een dergelijke epidemiologische relatie niet. Alleen rond hoogspanningslijnen heeft de overheid dan ook een expliciet beleid ontwikkeld. In hoofdstuk 2 wordt wel een overzicht gegeven van de andere elektriciteitsbronnen en hun bijdrage aan de blootstelling. Tevens wordt ingegaan op de bronkarakterisering en op de blootstellingsbepaling.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de mogelijke gezondheidseffecten en in hoofdstuk 4 op de stand van zaken wat betreft normstelling en het overheidsbeleid.

In de richtlijn wordt speciaal aandacht besteed aan nadere definiëring van termen als 'langdurige blootstelling' en 'gevoelige bestemmingen'.

De richtlijn gaat niet in op risico's die ontstaan door arbeidsomstandigheden. Zo kunnen er door beroepsmatige activiteiten zoals onderhoudswerkzaamheden, landbouw (sproei-installaties) en hulpverlening (brandweer) risico's ontstaan. Het NIBRA (NIBRA, 2005) concludeert in een recente studie dat er nauwelijks extra risico's zijn indien de brandweer het landelijk protocol "Blussen onder hoogspanningslijnen" toepast (zie www.nvbr.nl/cms/show).

Deze richtlijn behandelt de mogelijke gezondheidsrisico's van het wonen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen (wisselstroom met een frequentie van 50 Hz).

De richtlijn gaat niet in op eventuele effecten van bronnen van wisselstroom met een andere frequentie of van bronnen van gelijkstroom (statische velden; 0 Hz). Gelijkstroom wordt toegepast bij het reguliere Nederlandse railverkeer, trams, zweef(magneet)treinen en trolleybussen.

De energievoorziening van de hoge snelheidstrein (HSL) zal plaatsvinden door de reguliere elektriciteitsvoorziening, dus wisselstroom.

² Zie voor toelichting op 'nieuwe situaties' hoofdstuk 10: definities

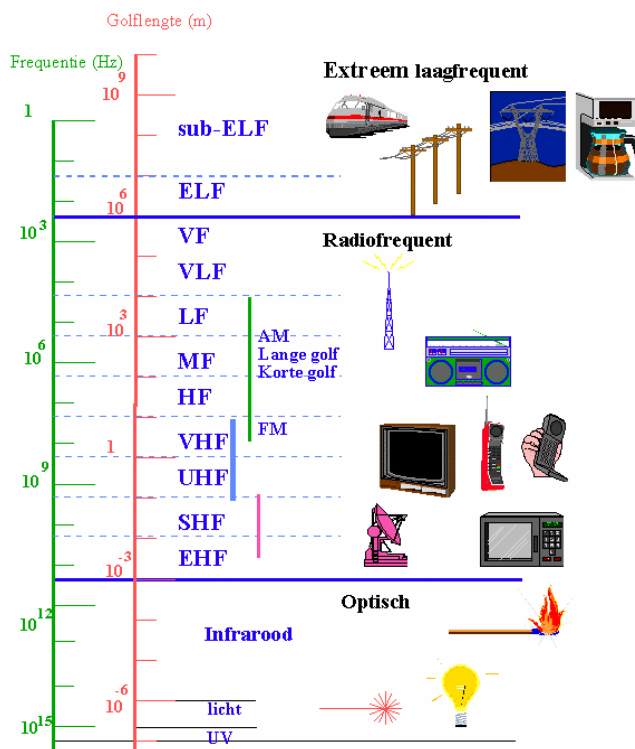
2. Blootstelling

Het elektriciteitsnet in Nederland levert een wisselspanning van 50 Hz. Daarmee zijn alle elektriciteitsproducerende, -transporterende en -gebruikende activiteiten en toepassingen in principe een bron van extreem laag frequente elektromagnetische velden (ELF-EM velden). In dit hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de afbakening van ELF-EM velden ten opzichte van andere vormen van straling en op de karakterisering hiervan. Vervolgens worden elektriciteitsbronnen besproken en hun bijdrage aan de blootstelling aan ELF-EM velden.

2.1 ELF-EM velden

ELF-EM velden zijn elektromagnetische velden met frequenties lager dan 300 Hz, ofwel golflengten langer dan 1000 km. Bij hogere frequenties spreekt men over radiofrequente straling (300 Hz – 300 GHz) en optische straling (300 GHz – 3000 THz).

Het is gebruikelijk om over velden te spreken bij lange golflengten en lage frequenties (ELF-EM velden) en over straling bij korte golflengten en hoge frequenties (radiofrequente en optische straling). Dit zijn allen vormen van niet-ioniserende straling. Bij een frequentie van meer dan 3000 THz is sprake van ioniserende straling (voor een overzicht zie bijlage 2).



Illustratie van diverse bronnen van niet-ioniserende straling gerangschikt langs een frequentie- en golflengteschaal³ (Bolte & Pruppers, 2004).

³ De energievoorziening van reguliere treinen, trams, zweef(magneet)treinen en trolleybussen vindt plaats door gelijkstroom (statische velden; 0 Hz). De energievoorziening van de hoge snelheidstrein (HSL) zal plaatsvinden door de reguliere elektriciteitsvoorziening (wisselstroom; 50 Hz). Sub-ELF staat voor velden met een frequentie < 30 Hz. In Nederland zijn geen bronnen in deze categorie.

Elektromagnetische velden hebben een elektrische en een magnetische component.

- Elektrische velden ontstaan als er een spanning (uitgedrukt in Volt) aanwezig is. De sterkte van elektrische velden wordt uitgedrukt in Volt per meter (V/m).

De sterkte van het elektrische veld hangt af van:

- de spanning op de lijn;
 - de afscherpende werking van vegetatie en/of gebouwen;
 - de afstand tot de bron.
- Magnetische velden ontstaan als er een elektrische stroom (uitgedrukt in Ampère) loopt. De sterkte van magnetische velden wordt uitgedrukt in magnetische veldsterkte (A/m) of magnetische fluxdichtheid (T=tesla)⁴

De sterkte van het magnetische veld hangt af van de:

- stroomsterkte (A). Hoe sterker de stroom, hoe groter het magnetische veld. Bij wisselend energiegebruik, wisselt de stroomsterkte;
- afstand tot de bron. De veldsterkte neemt af met de afstand tot de bron en is onafhankelijk van de spanning (V) (van der Plas, 2001)⁵.

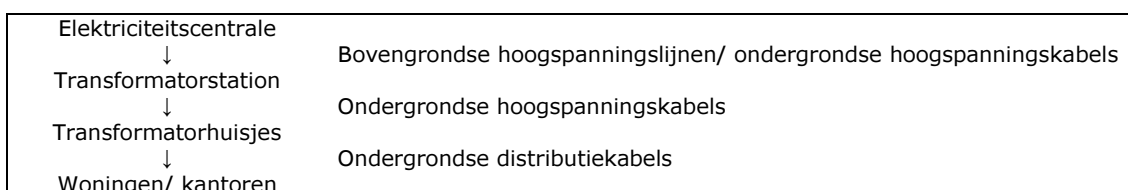
Het magnetische veld wordt, in tegenstelling tot het elektrische veld, niet of nauwelijks afgeschermd door bouwmaterialen, bomen of struiken. Voor de blootstelling van mensen in woningen aan een ELF-EM bron buitenshuis is vooral de magnetische component van belang.

- De elektrische veldsterkte en de magnetische veldsterkte van ELF-EM velden kunnen niet uit elkaar worden afgeleid.

2.2 Bronnen van EM velden vanuit het elektriciteitsnet en hun bijdrage aan de blootstelling in de woonomgeving

Bronnen van ELF-EM velden, met een frequentie van 50 Hz, in de woonomgeving zijn ondergrondse en bovengrondse hoogspanningslijnen voor transport en distributie van elektriciteit, transformatorhuisjes, laagspanning distributiekabels en elektrische apparatuur die in en om de woning wordt gebruikt.

Schematische weergave elektriciteitsvoorziening



⁴ Let op: de term 'magnetische veldsterkte' wordt ook gebruikt voor het begrip 'magnetische fluxdichtheid' omdat deze term begrijpelijker is. De eenheid geeft aan welk begrip wordt bedoeld.

⁵ NB: strikt genomen is de magnetische veldsterkte niet afhankelijk van de spanning. Ze zijn echter wel aan elkaar gecorreleerd: om meer elektriciteit te transporteren wordt de stroom verhoogd, om warmteverlies te voorkomen wordt echter ook vaak de spanning verhoogd.

Elektriciteitstransport

Elektriciteitstransport van energiecentrales naar zogenaamde onderstations, met een spanning van 110 tot 380 kV, vindt plaats via bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoogspanningskabels. In Nederland bestaat dit elektriciteitstransport voor circa 90% uit bovengrondse hoogspanningslijnen (Sep/Energie Ned. Arnhem, 1999).

Het distributienet, met een spanning van minder dan 50 kV, van de onderstations naar woningen verloopt in Nederland via ondergrondse kabels.

In bijlage 3 is een overzicht opgenomen van het Nederlandse bovengrondse hoogspanningsnet.

Bovengrondse hoogspanningslijnen

In de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen is de sterkte van het elektrische en magnetische veld onder andere afhankelijk van:

- de vorm van de mast, vooral de onderlinge positie van de draden
- de hoogte van de draden

De hoogste veldsterkte, op maaiveldhoogte, ligt op het punt waar de draden het laagst hangen, dus midden tussen twee masten.

Indicatie voor de sterkte van het magnetische veld onder hoogspanningslijnen

Spanning (kV) ⁶	Magnetische veld (μ T)	
	Direct onder de hoogspanningslijnen	Op 30 m afstand uit de hartlijn
380	6,5 – 20	3 – 10
220	10 – 14	3 – 5
150	3 – 17	0,6 – 3
110	3 – 12	0,3 – 1,5

Deze indicatie van de sterkte van het magnetische veld is gegeven voor situaties waarbij hoogspanningslijnen voor 50% van de maximale transportcapaciteit zijn belast (nominale belasting). Gemeten is op één meter hoogte boven het maaiveld (Gezondheidsraad, 1992). In de praktijk, zeker beschouwd over een langere periode, is de belasting echter lager, zodat tevens de veldsterkten lager zijn⁷.

⁶ Zie voetnoot 5.

⁷ Een hoogspanningslijn heeft een bepaalde maximale belastbaarheid. Omdat in Nederland het net als het ware "dubbel" is uitgevoerd (de meeste hoogspanningslijnen bestaan uit twee of meer circuits, waardoor bij uitval van één circuit het andere circuit tijdelijk de hele stroomvoorziening kan voeren), worden de lijnen tot hooguit 50% belast; dit is de nominale belasting. De tabel gaat uit van die nominale belasting. Omdat het net echter zo uitgevoerd moet zijn dat ook piekbelastingen en calamiteiten elders opgevangen kunnen worden, zal de gemiddelde stroombelasting over een langere periode voor een hoogspanningslijn lager zijn dan de nominale belasting. Met andere woorden: in de tabel is de worst-case continue situatie weergegeven. Als een lijn langdurig op 50% belast wordt, is dat voor de beheerder een signaal dat er geen marge meer is. In dat geval zal gezocht worden naar alternatieven (verzwaring van de lijn, extra circuit toevoegen, nieuwe lijn bouwen of een andere stroomroute zoeken).

Schatting van de minimale en maximale afstanden tot de hoogspanningslijn (gerekend vanaf de hartlijn), waarbij het magnetische veld de waarde 0,2, 0,3 en 0,4 μT bereikt (Stuurman, 2002).

Spanning (kV) ⁸	Afstand in meters (10- 90 percentiel ⁹) bij magnetische veldsterkte			
	0,2 μT	0,3 μT	0,4 μT	0,5 μT
380	145-180	120-150	100-125	90-115
220	110-215	85-175	75-150	65-135
150	55-115	40-95	35-80	30-70
110	40-75	30-60	24-50	20-45
50	35-60	30-45	25-40	20-35

De afstanden zijn geschat bij een nominale belasting van het net (50% van de maximale belasting). In de praktijk is, zeker beschouwd over een langere periode, de belasting echter lager, zodat tevens de afstanden kleiner zijn dan de waarden die in de tabel zijn genoemd¹⁰. De waarden van de magnetische veldsterkte zijn de afkappunten die in epidemiologische onderzoeken worden gehanteerd.

Voor een overzicht van 10-, 50- en 90-percentiel voor de afstand tussen de 0,4 μT contour en de hartlijn zie Kelfkens et al, 2002 & 2003.

Om inzichtelijk te maken wat in bestaande situaties de zone is waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 μT , heeft het RIVM voor alle bestaande bovengrondse hoogspanningslijnen de afstand aan beide zijden langs de hoogspanningslijnen bepaald. Deze afstanden zijn te vinden op: www.rivm.nl/hoogspanningslijnen. Omdat deze berekeningen zijn bepaald op basis van een aantal conservatieve aannames wordt deze zone de "indicatieve" zone genoemd.

Ondergrondse hoogspanningskabels

Bij ondergrondse hoogspanningskabels wordt het elektrische veld vrijwel geheel afgeschermd door de grond.

Het magnetische veld wordt niet afgeschermd door de grond. De sterkte van het magnetische veld is afhankelijk van:

- de stroomsterkte;
- het type kabel;
- de diepte van de kabels;
- de ligging van de kabels ten opzichte van elkaar;
- de afstand tot de kabel. De magnetische veldsterkte van ondergrondse hoogspanningskabels neemt snel af met de afstand tot de kabels. Als we de magnetische veldsterkte van bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoogspanningskabels vergelijken, blijkt dat de veldsterkte direct boven de ondergrondse kabels aanzienlijk hoger is dan direct onder hoogspanningslijnen, maar dat de veldsterkte veel sneller afneemt met de afstand tot de kabels.

⁸ Zie voetnoot 5. Een 150 kV-lijn kan een bredere 0,4 microTesla-zone hebben dan een 380 kV-lijn, omdat de stroombelasting van de meeste 380 kV-lijnen in de praktijk veel lager is dan de 50-60% belasting waar in het algemeen van uitgegaan wordt.

⁹ Voor definitie zie hoofdstuk 10.

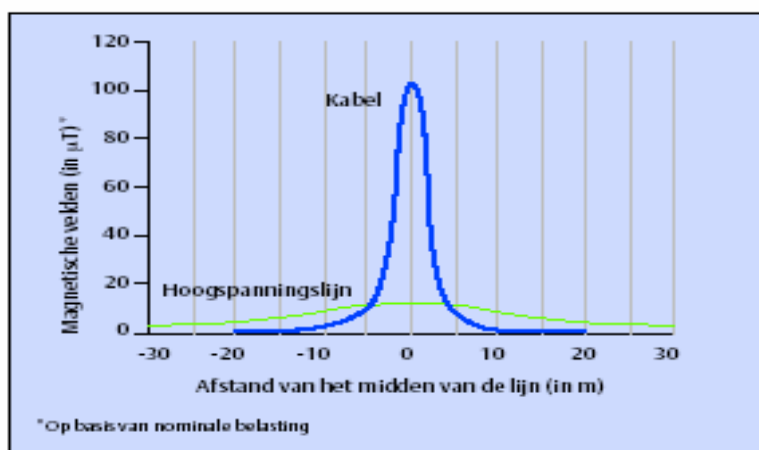
¹⁰ Zie voetnoot 7.

Als de kabels, zoals bij Leidsche Rijn, op grote diepte (23-33 m) worden gelegd, dan is zelfs recht boven de kabels de veldsterkte lager dan $0,4 \mu\text{T}$.

Worden ze, zoals gebruikelijk, op één meter diepte gelegd, dan ontstaat een scherpe hoge piek zoals in onderstaande illustratie. Hoe breed die piek is, hangt dan af van de onderlinge positie. Het meest gunstig is drie fasen "in driehoeksvorm" in een sleuf, omdat dan de fasen elkaars veld ten dele dempen, wat een lagere veldsterkte oplevert. Deze veldsterkte kan dan op 6 meter afstand zelfs lager zijn dan $0,4 \mu\text{T}$. Driehoeksligging kan echter alleen worden toegepast als de stroom niet al te hoog is: de kabels worden warm bij stroomtransport en die warmte kan in driehoeksligging niet goed worden afgevoerd.

Het meest gangbaar tot nu toe is echter dat alle fasen 0,5-1 meter uit elkaar liggen op circa één meter diepte (minimaal zes kabels in een breed kabelbed). In dat geval is er maar weinig demping en kan de veldsterkte ter hoogte van de afstand, zoals die in de modelbouwverordening is vastgesteld (6 m), nog steeds hoger zijn dan $0,4 \mu\text{T}$. Dit hangt mede af van hoeveel stroom er door de kabel loopt.

Omdat de veldsterkte van ondergrondse kabels van zoveel factoren afhangt, is het niet mogelijk om een eenduidig advies te geven over de diepte van de aan te leggen kabels.



Illustratie van magnetische veldsterkte van bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoogspanningskabels (overgenomen uit brochure van TenneT, 2004).

Transformatorhuisjes

Uit een éénmalig onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen (van den Berg, 2002) blijkt dat de veldsterkte in de omgeving van transformatorhuisjes sterk varieert en afhankelijk is van de stroomsterkte, de afstand tot het transformatorhuisje en de aanwezigheid van ondergrondse (laagspanning) distributiekabels. De veldsterkte op de buitenwand van transformatorhuisjes kan variëren van $0,4$ tot $1,2 \mu\text{T}$. Rondom het huisje daalt de veldsterkte binnen 3 m tot $< 0,4 \mu\text{T}$. Aan de zijde waar geen ondergrondse kabels lopen daalt de veldsterkte binnen 10 m tot nihil. Aan de straatzijde, waar wel ondergrondse kabels liggen, varieert de veldsterkte van $0,4 - 0,8 \mu\text{T}$ (boven de kabels) tot $0,1 \mu\text{T}$ (op enige afstand van de kabels).

Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat in de woning die het dichtst bij het transformatorhuisje stond geen hogere veldsterktes werden gemeten dan in andere woningen.

In de directe omgeving van een transformatorhuisje of op straat is in het algemeen geen sprake van een langdurig verblijf.

Voor in pandige transformatorhuisjes kan wel sprake zijn van hoge veldsterkten in naastgelegen ruimten. Bij onderzoek naar magnetische veldsterkte in een kantoorruimte gelegen boven een transformatorruimte (50 Hz) werden, bij metingen op 13 punten, waarden tussen 1,0 en 13,0 μT gemeten (Habets, 1998).

Om zicht te krijgen in de magnetische veldsterkte bij in pandige transformatorhuisjes kan het daarom van belang zijn om de magnetische veldsterkte in nabijgelegen ruimten te bepalen. In nieuwe situaties kan een berekening plaatsvinden, in bestaande situaties is het raadzaam om te adviseren metingen te laten uitvoeren.

Elektrische apparatuur

In onderstaande tabel die is overgenomen uit de circulaire van VROM (1995) staan voorbeelden van elektrische apparatuur die in en om de woning wordt gebruikt en bijdragen aan de blootstelling aan EM-velden. Hieruit blijkt dat de bijdrage aan elektromagnetische velden door elektrische apparatuur aanzienlijk kan zijn (maximaal 1500 μT door een scheerapparaat). De blootstellingsduur is echter meestal kort. Een voorbeeld van een elektrische apparaat met een lange blootstellingduur, is de elektrische deken. Alle apparaten voldoen volgens de VROM-Circulaire allen aan de grenswaarden van de IRPA, de huidige ICNIRP (voor afkortingen zie hoofdstuk 10).

Magnetische veldsterkte van elektrische apparatuur

Apparaat	Blootstellingsduur per dag (min.)	Afstand (cm)	Magnetische veldsterkte (μT)
Scheerapparaat	<15	<3	15 - 1500
Handmixer	"	30	0,5 - 10
Haardroger	"	30	0,01 - 7
Boormachine	"	30	2,2 - 3,5
Cirkelzaag	"	30	0,09 - 25
Broodrooster	"	30	0,03 - 3,5
Koffiezetapparaat	"	30	0,04 - 0,08
Elektrische oven	"	100	<0,01 - 0,02
Strijkijzer	15-60	30	0,06 - 0,15
TL-bureaulamp	"	30	0,55 - 2
Stofzuiger	"	100	0,07 - 1,2
Vaatwasmachine	"	100	0,05 - 0,2
Wasmachine	"	100	0,01 - 0,1
Droogmachine	"	100	0,02 - 0,04
Elektrische deken	>60	10	0,5 - 2,5*
Kleurentelevisie	"	100	0,07 - 0,13
Ventilator	"	100	<0,01 - 0,25
TL-verlichting	"	200	<0,01 - 0,01
Koelkast	"	100	<0,01 - 0,03

De gegevens zijn overgenomen uit de VROM-Circulaire (VROM, 1995). Als nieuwe bron kan hieraan het PC-scherm worden toegevoegd. Hiervoor is de veldsterkte op 30 cm afstand <0,2 μT (Tennet, 2004). De magnetische velden gelden voor de aangegeven gebruiksafstanden. Dichtbij de apparaten is de magnetische veldsterkte groter en verder weg lager.

** De magnetische veldsterkte van elektrische dekens kan oplopen tot 30 μT (Kirchner, 1995). Overigens zijn er ook elektrische dekens met gelijkstroom in de handel.*

Het is niet bekend hoe groot de blootstelling in woningen in Nederland is ten gevolge van elektrische apparatuur (van der Plas et al, 2001).

In een onderzoek in 50 woningen in Groot-Brittannië was de 24-uurs gemiddelde veldsterkte 0,04 μT (0,00-0,67 μT) (Preece, 1996).

Uit ander onderzoek in Groot-Brittannië blijkt dat in de meeste woningen ver van bovengrondse hoogspanningslijnen de blootstelling aan magnetische velden circa 0,01 tot 0,2 μT bedraagt. In enkele woningen werden waarden boven 0,3 μT gevonden (NRPB, 2001). Op basis van metingen in de woning van controles werd voor Groot-Brittannië (UK, 1999) en Duitsland (Michaelis et al, 1998) geschat dat circa 2% van de populatie woonachtig is in woningen met een magnetisch veld groter dan 0,2 μT .

In onderzoeken in Groot-Brittannië en Duitsland werd echter ook aangetoond dat in woningen waar een gemiddelde veldsterkte boven 0,4 μT werd gemeten, dit slechts voor 25 tot 30% van de woningen is toe te schrijven aan een externe bron, zoals een hoogspanningslijn (Schüz et al, 2001; UKCCS, 2000).

Informatie uit de V.S. over veldsterkten door elektrische apparatuur is niet representatief voor de Nederlandse situatie omdat daar de netspanning lager is en de magnetische veldsterkte hoger (Kirchner et al, 1995, blz. 46).

De situatie in het buitenland kan verschillen doordat:

- het distributienet er vaak bovengronds gesitueerd is;
- netspanning en frequentie in de woning anders zijn (in de V.S. 110 V en 60 Hz)
- in woningen meer elektrische apparatuur aanwezig kan zijn waardoor meer stroom kan worden verbruikt;
- de configuratie van de elektriciteitsleidingen in woningen anders is uitgevoerd;
- de wijze van aarding anders is uitgevoerd.

2.3 Blootstellingsbepaling

De blootstelling aan magnetische velden van hoogspanningslijnen kan op verschillende manieren worden gekarakteriseerd. Onderstaand overzicht is voor het grootste deel overgenomen uit een RIVM-rapport (van der Plas, 2001).

- Metingen van actuele magnetische veldsterkte
De actuele magnetische veldsterkte wordt als kortdurende 'spot'-meting, als 24-uurs meting of als 48-uurs meting uitgevoerd in één of meer vertrekken in de woning. Als de metingen in de woning worden uitgevoerd, zijn de gemeten velden zowel afkomstig van bronnen binnen als van buiten de woning. Hoogspanningslijnen vormen dan één van de bronnen.
De gemeten magnetische veldsterkte (eigenlijk de magnetische fluxdichtheid) wordt uitgedrukt in tesla (T).

- **Berekening van de magnetische veldsterkte**
De magnetische veldsterkte in woningen kan worden afgeleid van de afstand tot hoogspanningslijnen omdat magnetische velden, anders dan elektrische velden, nauwelijks door bouwmaterialen en beplanting in sterkte worden gereduceerd. De tijdgewogen gemiddelde blootstelling aan magnetische velden wordt berekend op basis van informatie over de stroomsterkten en de uitvoering van de hoogspanningslijnen (ook die in het verleden) en de afstand van de woning tot de hoogspanningslijn. De berekende magnetische veldsterkte (eigenlijk de magnetische fluxdichtheid) wordt uitgedrukt in tesla (T).
Voor de berekening van de zone, ook wel "specifieke zone" genoemd, waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger dan 0,4 μT is of in de toekomst kan worden, heeft het RIVM een "Handreiking" opgesteld (Kelfkens & Pruppers, 2005).
- **Afstand tot elektrische installaties**
Als blootstellingsmaat wordt ook wel de afstand tot elektrische installaties, zoals transformatoren, verdeelstations, hoogspannings- en distributielijnen, gebruikt. Afstand blijkt in de directe nabijheid van hoogspanningslijnen een redelijke maat voor de blootstelling te zijn. De veldsterkte is echter afhankelijk van de stroomsterkte (Ampère), die per lijn sterk kan verschillen.
- **Wire code¹¹**
Deze maat is voor de Nederlandse situatie niet van toepassing, omdat in Nederland het gehele distributiesysteem zich ondergronds bevindt. Hij wordt hier echter genoemd omdat bovengrondse distributielijnen in het buitenland nog wel worden toegepast en in bijvoorbeeld Amerikaanse onderzoeken deze wire codes veel gebruikt worden als maat voor de blootstelling aan magnetische velden.

Op de praktische uitvoering van de blootstellingsbepaling wordt in hoofdstuk 5 ingegaan.

2.4 Zakelijk rechtstrook/ belaste strook rondom hoogspanningslijnen/-kabels

Door de netbeheerder wordt een vrije strook rondom bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoogspanningskabels bepaald. De vaststelling van deze vrije strook wordt allereerst bepaald op grond van wetgeving. Deze strook geeft een minimale afstand aan om bijvoorbeeld elektrische overslag te voorkomen. Daarnaast is de netbeheerder vrij om, op grond van wat hij noodzakelijk acht om werkzaamheden te kunnen uitvoeren, een bredere strook aan te houden. Deze vrije strook wordt aangeduid met zakelijk rechtstrook of belaste strook. Bij het vaststellen van een zakelijk rechtstrook wordt geen rekening gehouden met magnetische velden.

¹¹ Voor definitie zie hoofdstuk 10.

Wettelijk kader

Het wettelijk kader wordt bepaald door de Nederlandse modelbouwverordening (1992, artikel 2.5.19) en de Europese NEN-norm 50341 (NNI, 2001).

De Nederlandse modelbouwverordening is zowel van toepassing voor bovengrondse hoogspanningslijnen als voor ondergrondse hoogspanningskabels. Hierin is bepaald dat, behoudens vrijstelling, het bouwen binnen een strook van 6 m ter weerszijden van de lijnen/kabels verboden is (Bijlage 4).

Voor bovengrondse hoogspanningslijnen is tevens de Europese NEN-norm 50341 van toepassing. Hierin zijn op grond van veiligheidsvoorschriften beschermingszones opgenomen (NNI, 2001). Deze zones zijn afhankelijk van de capaciteit en de uitvoering van de hoogspanningslijnen en varieert dus per hoogspanningslijn.

De belangrijkste veiligheidsaspecten waarmee rekening wordt gehouden zijn het uitzwaaien van de draden ten gevolge van de wind, draadbreek, omwaaien van masten en ijsafzetting. Binnen deze strook zijn bepaalde activiteiten verboden of aan voorwaarden gebonden.

De Europese NEN-norm is niet van toepassing voor ondergrondse hoogspanningskabels, omdat geen sprake is van veiligheidsvoorschriften zoals die voor bovengrondse hoogspanningslijnen gelden.

Praktijk kader

Zoals in bovenstaande reeds aangegeven is de netbeheerder vrij om, op grond van wat hij noodzakelijk acht om werkzaamheden te kunnen uitvoeren, een bredere strook aan te houden.

TenneT, de beheerder van alle bovengrondse hoogspanningslijnen met een spanning van 380 en 220 V, gaat standaard uit van een onbebouwde zone van 36 m, gerekend vanuit de hartlijn (totale breedte dus 72 m; mededeling servicedesk TenneT).

3. Blootstellingseffectrelaties

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan ELF-EM velden door de elektriciteitsvoorziening/hoogspanningslijnen (frequentie 50 Hz). Bij effecten op de gezondheid wordt onderscheid gemaakt tussen kortetermijneffecten en langetermijneffecten. De korte termijn effecten worden veroorzaakt door de opgewekte elektrische stroom in het lichaam. Voor de veronderstelde lange termijn effecten is nog geen plausibel biologisch mechanisme vastgesteld.

3.1 Kortetermijneffecten

Blootstelling aan ELF-EM velden kan in het lichaam een elektrische stroom opwekken. De sterkte van deze elektrische stroom in het lichaam wordt aangeduid met 'stroomdichtheid' met als eenheid A/m^2 .

Elektrische stroom in het lichaam heeft primair effect op zenuwen en spieren. Het meest ernstige effect hiervan is het ontstaan van hartfibrillatie. In het frequentiegebied met de grootste gevoeligheid (10-100Hz) kan dit optreden bij $2,5 A/m^2$ ($2500 mA/m^2$). De waarde die leidt tot excitatie van het hart is ongeveer $1 A/m^2$ ($1000 mA/m^2$). Dit komt overeen met de minimaal benodigde stroomdichtheid voor de stimulatie van zenuwvezels en wordt door de Gezondheidsraad beschouwd als lowest observed adverse effect level (LOAEL). Een ander effect van elektrische stroom in het lichaam is het waarnemen van fosfenen (lichtvlekken of -flitsen) die kunnen ontstaan door directe stimulering van het netvlies. De stroomdichtheid waarbij fosfenen ontstaan is (bij een frequentie van 50 Hz)¹² $25 mA/m^2$. Het optreden van fosfenen is ook bij langdurige blootstelling niet schadelijk, maar wel hinderlijk. Omdat ze kunnen leiden tot schrikreacties heeft de Gezondheidsraad geadviseerd dat ze zoveel mogelijk dienen te worden vermeden (Gezondheidsraad, 2000).

Op basis van deze gegevens zijn door de Gezondheidsraad blootstellingslimieten voor veldsterkten afgeleid, de zogenaamde referentieniveaus (Gezondheidsraad, 2000). De referentieniveaus zijn afgeleid van de laagste stroomdichtheid waarbij fosfenen kunnen optreden. Voor de algemene bevolking zijn de referentieniveaus vijf keer zo laag als voor de beroepsbevolking, omdat bij de afleiding hiervan extra veiligheidsfactoren zijn gehanteerd.

In de meeste Europese landen worden referentieniveaus gehanteerd zoals die zijn opgesteld door de ICNIRP¹³ (ICNIRP, 1998). De door ICNIRP voorgestelde grenswaarden voor de algemene bevolking zijn door de Raad van de Europese Unie overgenomen als aanbeveling aan haar lidstaten. Tevens worden de ICNIRP-adviezen, onofficieel, aanbevolen door de WHO (zie who-website). De referentieniveaus van ICNIRP zijn iets lager dan die van de

¹² De veldsterkte die nodig is voor de inductie van fosfenen is frequentie-afhankelijk (Gezondheidsraad, 2000)

¹³ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; voor toelichting zie hoofdstuk 10.

Gezondheidsraad. Dit verschil komt voort uit verschillen in vertaling van basisbeperkingen (die voor beide organisaties gelijk zijn) naar referentieniveaus. De Gezondheidsraad vindt de onderbouwing van deze vertaling door de ICNIRP niet geheel duidelijk (GR, 2000, blz 34).

Referentieniveaus voor veldsterkte bij 50 Hz voor de algemene bevolking

	Gezondheidsraad			ICNIRP	
	Blootstelling			Blootstelling	
	Indirect	Lichaam	Ledematen*	Indirect	Lichaam
Elektrische veldsterkte (kV/m)	8**			5	
Magnetische fluxdichtheid (µT)		120	360		100
Magnetische veldsterkte (A/m)		95,5	286		

* *Voor het hele lichaam heeft de afleiding betrekking op spierweefsel. Omdat de maximale stroomdichtheid in ledematen bij blootstelling aan een extern magnetisch veld ongeveer 1/3 is van die in het hele lichaam, is voor ledematen een aparte waarde vastgesteld.*

** *Het referentieniveau voor elektrische veldsterkte ligt op een hoger niveau dan waarbij een ontladingsstroom¹⁴ als indirect effect kan ontstaan. De Gezondheidsraad gaat er namelijk van uit dat indirecte effecten vermeden dienen te worden (Gezondheidsraad, 2000).*

Bij blootstelling onder de referentieniveau's zijn geen kortetermijngezondheidseffecten waargenomen. Wel zijn reversibele biologische effecten gevonden, zoals beïnvloeding van onderdelen van het slaappatroon en van bepaalde cognitieve functies. De Gezondheidsraad is van oordeel dat deze effecten te gering zijn om tot gezondheidsproblemen te kunnen leiden (Gezondheidsraad, 2000).

3.2 Langetermijneffecten

De langetermijneffecten die in verband worden gebracht met blootstelling aan ELF-EM velden zijn vrijwel alleen gebaseerd op uitkomsten van epidemiologisch onderzoek.

In onderstaande wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken met betrekking tot de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan ELF-EM velden. Dit overzicht is gebaseerd op rapportages van de Gezondheidsraad zoals die sinds 2000 verschenen zijn (Gezondheidsraad 2000; 2001 en 2004) en van het RIVM (van der Plas 2001).

3.3 Overzicht mogelijke effecten blootstelling aan ELF-EM velden

Leukemie bij kinderen

De Gezondheidsraad evalueert in het Jaarbericht van 2001 drie publicaties over meta-analyses over dit onderwerp (Ahlbom, 2000; Greenland, 2000; Wartenberg, 2001). Op grond

¹⁴ *Als een groot niet-geaard object, zoals een bus of vrachtwagen, onder een hoogspanningslijn (wisselvelden, >1 Hz) geparkeerd staat dan kan de hierin geïnduceerde spanning bij aanraking aanleiding geven tot een ontladingsstroom. Dit kan pijn veroorzaken. Dit komt alleen voor bij grote niet-geaarde objecten en niet bij bijvoorbeeld speeltoestellen. Ontladingsstroom is niet hetzelfde als*

hiervan concludeert de Gezondheidsraad dat:

- epidemiologische onderzoeken een consistente statistische associatie laten zien tussen relatief hoge gemeten of berekende magnetische veldsterktes (resp. wonen nabij bovengrondse elektriciteitslijnen) en een kleine toename van de kans op leukemie bij kinderen;
- de gevonden associatie zwak is (relatief risico kleiner dan 2);
- er geen oorzakelijk verband is aangetoond en er geen plausibel biologisch mechanisme bekend is dat de associatie kan verklaren;
- het niet onmogelijk is dat de associatie ook door toeval of door een artefact zou kunnen worden verklaard.

Het standpunt van de Gezondheidsraad (2001; 2004) is dat:

- het niet waarschijnlijk is dat kinderen (en volwassenen) die in de nabijheid van hoogspanningslijnen wonen risico lopen als gevolg van blootstelling aan van die lijnen afkomstige EM velden.

In de onderzoeken van Ahlbom (2000) en Greenland (2000) zijn vergelijkingen gedaan tussen lage en hoge blootstelling (hoger dan 0,3 of 0,4 μT). De Gezondheidsraad (2001) benadrukt dat deze veldsterkten niet beschouwd kunnen worden als een scherpe grens waarboven het risico opeens is toegenomen. Daarvoor is de opzet van de onderzoeken te beperkt.

Bovendien zijn de waarden 0,3 en 0,4 μT slechts statistische afkappunten, die gekozen zijn om voldoende patiënten en controles in de "hoogste blootstellingscategorie" te kunnen indelen.

De International Agency on Cancer van de Wereld Gezondheids Organisatie heeft de magneetvelden van hoogspanningslijnen, op grond van de resultaten van onderzoek naar leukemie bij kinderen, ingedeeld bij de categorie "mogelijk carcinogeen" (IARC, 2002).

Op basis van meerdere onderzoeken is nagegaan wat de consequenties voor Nederland zijn als bovengenoemde associatie het resultaat is van een causale relatie.

Allereerst zijn, op grond van de onderzoeken van Ahlbom (2000) en Greenland (2000), relatieve risico's als functie van het magnetische veld afgeleid (van der Plas et al, 2001). Hieruit blijkt dat kan worden geconcludeerd dat het relatieve risico mogelijk verhoogd is bij veldsterkten hoger dan ergens tussen 0,2 en 0,5 μT .

Het toegevoegde individuele risico op het krijgen van leukemie in gebieden waar de veldsterkte hoger is dan 0,4 μT , is voor kinderen gemiddeld circa $30 \cdot 10^{-6}$ per jaar (van der Plas et al, 2001). Als de relatie causaal zou zijn, dan wordt het maximaal toelaatbaar risico (MTR) hiermee 30 keer overschreden.

elektrostatische ontlading. Elektrostatische ontlading ontstaat door statische oplading (statische elektrische velden, 0 Hz), waarbij op het lichaamsoppervlak een elektrische lading wordt opgewekt.

Bij deze benadering is het MTR bepaald voor een subgroep, namelijk voor kinderen tot een leeftijd van 15 jaar terwijl in het algemeen wordt uitgegaan van bepaling van het MTR voor de totale bevolking. Wanneer het MTR wordt bepaald voor de totale bevolking en wordt verondersteld dat mensen boven de 15 jaar geen extra risico lopen, dan bedraagt het toegevoegde risico voor de gehele populatie gemiddeld circa $6 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Ook in dit geval ligt het risico boven het MTR van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar (van Bruggen & Fast, 2003).

Het totaal aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen per jaar wordt geschat op maximaal 0,5 (Pruppers, 2003) op een totaal van 110 nieuwe gevallen per jaar in Nederland.

Kanker bij beroepsmatig blootgestelden

In een groot aantal epidemiologische onderzoeken is de relatie tussen beroepsmatige blootstelling aan ELF-EM velden en het optreden van kanker onderzocht.

De Gezondheidsraad bespreekt in haar overzichtsrapport over blootstelling aan elektromagnetische velden (Gezondheidsraad, 2000) twee meta-analyses naar het optreden van respectievelijk hersentumoren en leukemie.

De Gezondheidsraad (2000) concludeert dat:

- er tamelijk consistente epidemiologische aanwijzingen zijn voor een, overigens zwakke, associatie tussen bepaalde indicatoren voor beroepsmatige blootstelling aan ELF-EM velden en het optreden van enkele vormen van kanker;
- de associatie relatief het duidelijkst is voor chronisch lymfatische leukemie, maar ook gevonden voor leukemie in het algemeen en voor hersentumoren bij volwassenen;
- de consistentie in het epidemiologische onderzoek naar beroepsmatige blootstelling in alle gevallen minder is dan bij leukemie bij kinderen;
- er in geen enkel onderzoek een dosis-effectrelatie is gevonden en dat enigerlei aanwijzing voor een biologisch mechanisme ontbreekt.

Op grond hiervan acht de Gezondheidsraad het onwaarschijnlijk dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen beroepsmatige blootstelling aan ELF-EM velden en genoemde vormen van kanker.

Kans op miskramen

In haar Jaarbericht 2003 (Gezondheidsraad, 2004) evalueert de Gezondheidsraad twee recente grootschalige epidemiologische onderzoeken naar de relatie tussen blootstelling aan ELF-EM velden en het risico van een miskraam. Bijzonder aan deze onderzoeken was dat een persoonlijke blootstellingsmeting werd uitgevoerd. In beide onderzoeken werd een positief verband gevonden tussen het optreden van miskramen en magnetische veldsterkte.

Opvallend was dat er vooral een verband gevonden werd met blootstelling aan piekwaarden van het magnetische veld boven $1,6 \mu\text{T}$.

De Gezondheidsraad concludeert echter dat de metingen in één van de onderzoeken mogelijk niet representatief zijn voor de werkelijke blootstelling en dat in beide onderzoeken confounding mogelijk is door andere risicofactoren zoals mobiliteit.

De Gezondheidsraad vindt dat op basis van de huidige gegevens geen conclusie kan worden getrokken over een eventuele oorzaak-gevolg-relatie en adviseert nader onderzoek, vooral epidemiologisch onderzoek met veel aandacht voor meting van de blootstelling en onderzoek naar een mogelijk werkingsmechanisme.

Overige aandoeningen

In haar jaarbericht van 2001 evalueert de Gezondheidsraad (2001) onderzoeken die rapporteren over een relatie tussen blootstelling aan ELF-EM velden en longkanker, zelfmoord respectievelijk hartritme stoornissen.

De berichten over longkanker zijn gebaseerd op de 'corona-ion' hypothese: in een sterk elektrisch veld kan ionisatie van luchtmoleculen optreden, waarna weer bindingscomplexen kunnen ontstaan die, na ingeademd te zijn, de gezondheid zouden kunnen aantasten. De Gezondheidsraad acht het onwaarschijnlijk dat langs die weg de kansen op kanker of andere ziekten toenemen.

Blootstelling aan ELF-EM velden zou, bij beroepsmatig verhoogd blootgestelden, het hartritme ongunstig kunnen beïnvloeden. De wetenschappelijke informatie hierover is echter onduidelijk en vraagt, aldus de Gezondheidsraad, om meer onderzoeksinspanningen.

In andere onderzoeken is een associatie gerapporteerd tussen beroepsmatige blootstelling aan ELF-EM velden en zelfmoord. Als mogelijke verklaring wordt een verlaging van het melatoninegehalte in bloed gegeven, die aanleiding zou zijn voor een depressie. Echter, een verlaging van de melatoninespiegel is bij mensen niet aangetoond. De Gezondheidsraad vindt dat geen relatie is aangetoond tussen blootstelling aan ELF-EM velden en zelfmoord.

De bovenstaande weergegeven conclusies van de Gezondheidsraad komen in grote lijnen overeen met de conclusies van o.a. ICNIRP en de NRPB (National Radiological Protection Board, de "Britse Gezondheidsraad").

Conclusie en advies Gezondheidsraad

De conclusie van de Gezondheidsraad, over gezondheidseffecten bij blootstelling aan ELF-EM velden onder de gestelde blootstellingslimieten, is als volgt:

- er is niet aangetoond dat blootstelling aan elektrische of magnetische velden, afkomstig van het elektriciteitstransport- en distributiesysteem, enigerlei ziekte of afwijking veroorzaakt;
- er is geen reden om, op grond van de huidige wetenschappelijke inzichten, te adviseren maatregelen te nemen om het wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen te beperken;
- er is geen reden om, op grond van de huidige wetenschappelijke inzichten, te adviseren het werken onder omstandigheden met een verhoogde, maar onder de limieten blijvende, blootstelling aan ELF-EM velden te beperken.

De Gezondheidsraad adviseert:

- uitvoering van nader onderzoek;
- het volgen van wetenschappelijke ontwikkelingen op dit gebied.

4. Toetsingskader

Er zijn voor de Nederlandse situatie geen wettelijke normen (grenswaarden) gesteld voor blootstelling van de algemene bevolking aan ELF-EM velden. Er is evenwel, zowel voor blootstelling aan hoge als aan lage veldsterkten, met het oog op korte respectievelijk langetermijneffecten, op EU- en op rijksniveau beleid ontwikkeld. Hierop wordt in onderstaande nader ingegaan.

4.1 Beleid t.a.v. blootstelling aan hoge veldsterkten met het oog op kortetermijneffecten

Zowel door de EU als door de Gezondheidsraad zijn zogenaamde referentieniveaus voor elektrische en magnetische veldsterkten voor kortdurende blootstelling opgesteld. Het door de EU aanbevolen referentieniveau voor magnetische veldsterkte bedraagt 100 μ T (EG, 1999). De Gezondheidsraad adviseert 120 μ T (Gezondheidsraad, 2000). Deze veldsterkten komen op leefniveau niet voor en zijn alleen van belang voor de arbeidssituatie. Omdat de blootstelling in de woonomgeving enkele ordegrößen lager is dan genoemde waarden worden kortetermijneffecten op de gezondheid niet verwacht.

Door de Gezondheidsraad is tevens een referentieniveau voor elektrische veldsterkte opgesteld van 8 kV/m (Gezondheidsraad, 2000). Door de WHO en de EU wordt een referentie niveau van 5 kV/m aangeraden. Deze veldsterkten kunnen bij uitzondering en onder bepaalde omstandigheden recht onder hoogspanningslijnen voorkomen en zijn eveneens voornamelijk van belang voor de arbeidssituatie. De beheerders van het elektriciteitsnet zien er op toe dat deze referentieniveau op leefniveau niet worden overschreden.

4.2 Beleid t.a.v. blootstelling aan lage veldsterkten met het oog op langetermijneffecten

Het beleid ten aanzien van de beperking van blootstelling met het oog op lange termijn effecten heeft in Nederland voor het eerst vorm gekregen in het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP 4; VROM, 2001). Hierin wordt gesteld dat "Uitgaande van het voorzorgprincipe de huidige signalen voldoende aanleiding zijn tot het doen van verder onderzoek en het nemen van passende maatregelen, mede in relatie tot de maatschappelijke kosten en baten". Hierbij wordt gedacht aan de verbreding van de zone waarin geadviseerd wordt om zo min mogelijk te bouwen, in combinatie met de hantering van een advies- of grenswaarde¹⁵ voor maximale magneetvelden".

¹⁵ Naar aanleiding van een verzoek om informatie van B&W van de gemeente Utrecht adviseerde Minister Pronk om, totdat nader rijksbeleid was geformuleerd, 'zoveel mogelijk te voorkomen dat nieuwe situaties ontstaan waarbij sprake is van langdurige blootstellingen van kinderen aan magnetische velden van bovengrondse hoogspanningslijnen van meer dan 0,4 μ T' (Pronk, 25-1-2002).

Vervolgens wordt in de nota "Nuchter omgaan met risico's. Beslissen met gevoel voor onzekerheden" (VROM, 2004a, zie onderstaand kader) als beleidsdoel gesteld dat er zo weinig mogelijk nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit beleidsdoel is nader ingevuld in het advies van de Staatssecretaris van VROM (VROM, 2005a) waarin een zonering wordt voorgesteld en een definiëring wordt gegeven van nieuwe situaties, langdurige verblijfsduur van kinderen (0-15 jaar) en gevoelige bestemmingen (zie bijlage 5 en onderstaand kader). Dit advies is tot stand gekomen na consultering van o.a. IPO, VNG en EnergieNed (VROM, 2005b)

Voor bestaande situaties worden geen maatregelen geadviseerd.

Dit verschil in benadering van nieuwe en bestaande situaties is gebaseerd op het redelijkerwijs-criterium omdat de gezondheidseffecten onzeker zijn en omdat maatregelen in bestaande situaties maatschappelijk vaak grote gevolgen hebben. Daar staat tegenover dat in nieuwe situaties vaak veel meer keuzemogelijkheden aanwezig zijn en dat preventie aanzienlijk goedkoper kan zijn dan sanering (VROM, 2005a).

Op grond van de noodzaak van een gedegen communicatietraject en de conclusies uit een behoeftepeiling bij omwonenden (VROM, 2004d) heeft VROM voorlichtingsmateriaal over hoogspanningslijnen ontwikkeld, waaronder een infoblad en de 10 meest gestelde vragen (zie www.vrom.nl/hoogspanningslijnen). De boodschap van VROM is dat het beleid voor hoogspanningslijnen zich beperkt tot nieuwe situaties omdat de wetenschap nog geen zekerheid kan geven over de gezondheidseffecten, de (maatschappelijke) kosten van maatregelen in bestaande situaties (sanering) zeer hoog zijn en omdat maatregelen voor nieuwe situaties aanzienlijk kosteneffectiever zijn (VROM, 2005). Met deze maatregelen geeft de overheid invulling aan het voorzorgprincipe en streeft zij naar tenminste geen toename van het aantal blootgestelden met inachtneming van maatschappelijke kosten.

Beleidsdoel blootstelling aan lage veldsterkten hoogspanningslijnen ("Nuchter omgaan met risico's. Beslissen met gevoel voor onzekerheden"; VROM, 2004a)

Nieuwe situaties

'Op basis van de overweging dat het hier om een mogelijk risico gaat dat een factor 30 hoger is dan het MTR (Maximaal Toelaatbare Risico) zullen op basis van het voorzorgprincipe nieuwe risicovolle situaties, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, moeten worden vermeden. Dit kan nader ingevuld worden door bij voorgenomen nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen per geval te onderzoeken of er, binnen bepaalde aandachtsgebieden rond hoogspanningslijnen, alternatieven zijn die leiden tot minder blootgestelden.'

'Doelstelling van het beleid is dat er zo weinig mogelijk nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Of en zo ja tot welke hoogte het vastleggen van een referentiewaarde voor bijvoorbeeld de magneetvelden daarbij relevant is (zoals in een eerder stadium richting Utrecht gedaan is), zal na overleg met de direct betrokkenen zoals de Rijksoverheid, VNG, het IPO en EnergieNed worden besloten.'

Bestaande situaties

'Vanwege de doorgaans zeer hoge kosten van maatregelen in bestaande situaties en de huidige onzekerheden over het mogelijke gezondheidsrisico, ligt het in het algemeen niet in de rede om, op basis van een afweging van de maatschappelijke kosten en baten, in bestaande situaties te adviseren of voor te schrijven maatregelen te treffen.'

Toekomstige ontwikkelingen

'Mocht in de toekomst meer zekerheid ontstaan over het mogelijke gezondheidsrisico (bijvoorbeeld door het ontdekken van het oorzakelijke verband of het ontdekken van andere oorzaken van de gevonden extra leukemiegevallen) kan alsnog besloten worden over het al dan niet treffen van maatregelen in bestaande situaties en het eventueel anders benutten van de vrijgehouden ruimte rond bestaande en nieuwe hoogspanningslijnen. Om betrokkenen de mogelijkheid te geven hun eigen verantwoordelijkheid te nemen, ligt een open en duidelijke communicatie over de mogelijke risico's van het wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen in de rede. Ook de overheid heeft hierbij een eigen verantwoordelijkheid. Hiertoe zal onder meer de circulaire uit 1995 worden geactualiseerd.'

Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen (Staatssecretaris van VROM, 2005a).

Advies om bij de vaststelling van streek- en bestemmingsplannen en van de tracés van bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel bij wijzigingen in bestaande plannen of van bestaande hoogspanningslijnen, zo veel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er *nieuwe situaties* ontstaan waarbij kinderen *langdurig verblijven* in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 µT.

Nieuwe situaties: definitie

- nieuwe streek- of bestemmingsplannen, dan wel wijzigingen in bestaande
- nieuwe bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel wijzigingen in bestaande

Gevoelige bestemmingen voor kinderen (0-15 jaar)

- woningen
- scholen
- crèches
- kinderopvangplaatsen

5. Advisering door de GGD

Bij algemene vragen over de gezondheidsrisico's van elektrische of magnetische velden ten gevolge van de elektriciteitsvoorziening kan gebruik worden gemaakt van bronnen die geschikt zijn voor publieksinformatie. In hoofdstuk 9 worden enkele voorbeelden genoemd.

5.1 Noodzakelijke gegevens

Indien de GGD betrokken is bij een planproces waarbij hoogspanningslijnen betrokken zijn of specifieke vragen krijgt over de gezondheidsrisico's van elektrische of magnetische velden ten gevolge van de elektriciteitsvoorziening, is het van belang om voldoende informatie ter beschikking te hebben over de lokale omstandigheden in bestaande situaties of de planvorming in nieuwe situaties, de (mogelijke) blootstelling en de zakelijk rechtstreek. De GGD kan, als adviseur van de gemeente, deze gegevens opvragen bij de verantwoordelijke gemeentelijke afdeling. Indien de gegevens niet beschikbaar zijn dan kan de GGD de gemeente zonodig adviseren om nader onderzoek uit te voeren. De gemeentelijke afdeling die verantwoordelijk is, kan afgeleid worden uit de oorspronkelijke adviesvraag. Dit kan zijn de afdeling ruimtelijke ordening (bij vragen over planvorming), de afdeling milieu (bij vragen over de milieubelasting in bestaande situaties) of de afdeling volksgezondheid (bij vragen over gezondheidsklachten, bijvoorbeeld een kankercluster).

5.1.1 Gegevens over de locatie

Uit de door de gemeente aangeleverde gegevens kan een beeld worden verkregen van:

- bestaande of geplande woningen (aantal blootgestelden) of andere gevoelige bestemmingen (scholen, crèches, kinderopvangplaatsen);
- de afstand tussen de elektriciteitsvoorziening en de gevoelige bestemmingen.

In bestaande situaties is het van belang om de locatie te bezoeken.

5.1.2 Gegevens over blootstelling en informatie over de elektrische veldsterkte

Informatie over de heersende elektrische veldsterkte onder hoogspanningslijnen is te achterhalen bij de elektriciteitsbedrijven (de beheerder van de betreffende hoogspanningslijn). Deze zien er op toe dat het referentieniveau op leefniveau (8 kV/m) niet wordt overschreden. Deze veldsterkte kan namelijk bij uitzondering en onder bepaalde omstandigheden recht onder hoogspanningslijnen voorkomen.

1. Schatting

De magnetische veldsterkte kan in de eerste plaats worden geschat op grond van de tabel uit hoofdstuk 2.2.

Voor bestaande hoogspanningslijnen is op de RIVM-site de "indicatieve zone" beschikbaar. Dit is de zone waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 µT.

2. Berekening of meting

Bij vragen over specifieke situaties kan de magnetische veldsterkte worden bepaald op grond van berekeningen of metingen. Deze informatie is niet altijd beschikbaar. In dat geval kan de GGD de gemeente adviseren om de magnetische veldsterkte te laten bepalen. De bepaling van de magnetische veldsterkte is specialistenwerk en kan het beste worden uitgevoerd door instanties zoals KEMA of door het elektriciteitsbedrijf zelf.

Voor onderzoek bij hoogspanningslijnen geldt dat berekeningen voor de bepaling van de zone in het algemeen de voorkeur hebben boven metingen, omdat metingen een momentopname weergeven. Deze berekening dient te worden uitgevoerd volgens de RIVM-handreiking (Kelfkens & Pruppers, 2005).

Als we er echter van uitgaan de etmaal- en seizoensvariatie in stroomsterkte op een lijn niet erg groot is, kan met enkele metingen overdag toch een redelijk beeld worden verkregen van de gemiddelde belasting:

$$\text{Belasting}_{\text{gemiddeld}} = (I_{\text{gemiddeld}} / I_{\text{moment}}) * \text{Belasting}_{\text{moment}}$$

Voorwaarde is dat vooraf de duur en de locatie van de meting zijn vastgelegd. Tevens zullen bij het energiebedrijf gegevens opgevraagd moeten worden over de gemiddelde stroomsterkte ($I_{\text{gemiddeld}}$) en de stroomsterkte in de verschillende circuits tijdens de metingen (I_{moment}). Alleen dan kunnen op basis van de meting de gemiddelde velden over een jaar worden berekend. Het voordeel van een meting is dat deze snel en goedkoop kan worden uitgevoerd. Een meting kan ook een functie hebben bij de risicocommunicatie, bijvoorbeeld als bewoners geen vertrouwen hebben in berekeningen.

Metingen hebben in complexe situaties in ieder geval de voorkeur boven berekeningen.

Indien de GGD bij de advisering over metingen betrokken is, is het raadzaam om het bovenregionale bureau medische milieukunde hierbij te betrekken.

Voorbeelden van rapportages van complexe onderzoeken staan in de bijlagen 6 en 7.

De kosten van een rapportage over metingen bij één hoogspanningslijn bedragen ongeveer 5000 euro. Indien berekeningen moeten worden uitgevoerd of bij metingen van complexe situaties waarbij sprake is van meerdere elkaar kruisende hoogspanningslijnen en eventueel ondergrondse kabels kunnen de kosten oplopen tot enkele tienduizenden euro.

5.1.3 Gegevens over de zakelijk rechtstrook

De netbeheerder stelt de breedte van de zakelijk rechtstrook vast (zie hoofdstuk 2.5). De gemeente is hiervan op de hoogte gesteld. De zakelijk rechtstrook aan weerszijden van ondergrondse hoogspanningskabels is 6 m.

De zakelijk rechtstreek aan weerszijden van bovengrondse hoogspanningslijnen wordt bepaald door de netbeheerder. TenneT, de beheerder van alle bovengrondse hoogspanningslijnen met een spanning van 380 en 220 V, gaat standaard uit van een onbebouwde zone van 36 m, gerekend vanuit de hartlijn (totale breedte dus 72 m; mededeling servicedesk TenneT).

5.2 Advisering door de GGD

Bij haar advisering gaat de GGD uit van:

- de conclusie van de Gezondheidsraad dat:
 - er een zwakke maar statistisch significante associatie bestaat tussen het wonen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen en het vóórkomen van leukemie bij kinderen;
 - er geen aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband tussen de betreffende velden en het optreden van enigerlei vorm van kanker;
 - er daarom sprake kan zijn van andere oorzaken voor het vaker optreden van leukemie bij kinderen;
 - nader onderzoek nodig is en wetenschappelijke ontwikkelingen gevolgd moeten worden.
- het beleid van de overheid om vanwege het mogelijke risico:
 - in nieuwe situaties, uit voorzorg, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μ T.
 - het een lokale verantwoordelijkheid is om een afweging te maken tussen de voor- en nadelen van verschillende nieuwbouwlocaties. Hiervoor gelden de normale inspraakprocedures, waarbij het noodzakelijk is dat alle partijen over goede informatie beschikken;
 - in bestaande situaties, vanwege de kosteneffectiviteit, geen maatregelen te adviseren.
- het beleidsuitgangspunt van zonerings, dat wil zeggen:
 - 0,4 μ T wordt gehanteerd als zonegrens in nieuwe situaties. Deze afstand kan worden geschat op grond van onderstaande tabel, maar dient in specifieke situaties te worden berekend volgens de RIVM-handreiking (Kelfkens & Pruppers, 2005). Bedacht moet worden dat 0,4 μ T een vrij willekeurig maatschappelijk afkappunt betreft. Al er al effecten optreden betekent dit dus niet dat deze buiten de aangegeven zone ineens tot nul gereduceerd zijn.

Spanning (kV)	Indicatie voor de afstand in meters (10- 90 percentiel) bij magnetische veldsterkte van 0,4 μ T
380	100-125
220	75-150
150	35-80
110	25-50
50	25-40

- de noodzaak van een goede informatievoorziening en risicocommunicatie. Aandachtspunten hierbij zijn:
 - het geven van duidelijkheid over eventuele nieuwe plannen;
 - het geven van duidelijkheid over blootstelling op leefniveau, inclusief de bijdrage van elektrische apparatuur in huis;
 - het geven van informatie dat er onzekerheid bestaat over het effect op de gezondheid (geen oorzakelijk verband bewezen; zwakke relatie);
 - het geven van informatie over de aard en omvang van het gezondheidseffect als er een causale relatie zou bestaan (benadrukken dat over heel Nederland per jaar het totaal aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen dan wordt geschat op maximaal 0,5 op een totaal van 110 nieuwe gevallen);
 - aandacht voor verschil in geobjectiveerde effecten en door burgers ervaren klachten;
 - aandacht voor de (mogelijke) risicogroep kinderen;
 - het geven van informatie over het voorzorgprincipe en het daaruit voortkomende verschil in beleid bij nieuwe en bestaande situaties;
 - het mogelijk wijzigen van beleid bij beschikbaar komen van nadere wetenschappelijke gegevens.

5.3 Afweging van alternatieve oplossingen

Bij de afweging door de gemeente van de voor- en nadelen van alternatieven in nieuwe situaties is het van belang om vooraf vast te stellen wat wordt verstaan onder situaties waarin kinderen langdurig worden blootgesteld en wat de voor- en nadelen zijn van ondergrondse respectievelijk bovengrondse hoogspanningslijnen.

5.3.1 Definiëring van bestemmingen met langdurige blootstelling van kinderen

Bij de uitwerking van de nieuwe plannen kan nog discussie ontstaan over wanneer sprake is van gevoelige bestemmingen en langdurige blootstelling van kinderen.

Door VROM worden als gevoelige bestemmingen woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen aangemerkt (VROM, 2005a).

Om, op grond van gezondheidskundige argumenten, een uitspraak te doen over wat wordt verstaan onder 'langdurig' is meer kennis nodig over een kwantitatieve risicobepaling, de dosis-effect relatie. Tot nu toe is slechts een associatie, en geen causale relatie, gelegd

tussen wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. Voor de risicoberekeningen is men uitgegaan van een jaargemiddelde blootstelling. Er zijn te weinig gegevens beschikbaar om een uitspraak te kunnen doen over de effecten bij een kortere verblijfsduur. Wel kan men voor het beoordelen van vergelijkbare situaties aansluiting zoeken bij verblijfsduren passend bij woningen, scholen, crèches en kinderopvangplaatsen. Belangrijk is vooral de rol van risicocommunicatie en het creëren van voldoende draagvlak bij de bevolking bij het nemen van een beslissing over de aanleg van bestemmingen die speciaal zijn ingericht voor kinderen (speeltuinen, voetbalveldjes etc.).

5.3.2 Ondergrondse kabels vs. bovengrondse hoogspanningslijnen

Zowel ondergrondse hoogspanningskabels als bovengrondse hoogspanningslijnen hebben ieder hun voor- en nadelen (Weterings, 2001; Snepvangers, 2001). De GGD kan een rol spelen bij het formuleren van de voor- en nadelen. Hieronder worden de belangrijkste aandachtspunten besproken.

1. Gezondheidsrisico

Zowel in de omgeving van bovengrondse hoogspanningslijnen als ondergrondse hoogspanningskabels is mogelijk sprake van een verhoogd risico door blootstelling aan magnetische velden. De strook langs hoogspanningskabels waarbij mogelijk een risico kan optreden is aanmerkelijk smaller dan die van hoogspanningslijnen.

Een (gering) risico door inductiestroom ten gevolge van het elektrische veld kan alleen bij uitzondering direct onder hoogspanningslijnen voorkomen.

2. Veiligheidsrisico

Bij bovengrondse hoogspanningslijnen kan, in tegenstelling tot ondergrondse kabels, een veiligheidsrisico optreden door mastbreuk, draadbreuk en ijsafzetting.

Bovengrondse hoogspanningslijnen kunnen ook beperkingen opleveren van het gebruik van de woonomgeving. Zo is het niet toegestaan om in de directe omgeving van hoogspanningslijnen te vliegeren. Door zo'n verbod kan bij de omwonenden een gevoel van onveiligheid ontstaan.

3. Visuele hinder

Bovengrondse hoogspanningslijnen worden in het landschap vaak als lelijk ervaren. Bij inpassing van een bovengrondse hoogspanningslijn in een woonwijk kan de brede onbebouwde strook voor vrij uitzicht van de direct aanwonenden zorgen, wat veelal als een voordeel wordt ervaren. Bij ondergrondse kabels is slechts sprake van een smalle vrije strook.

4. Kosten

Omdat voor de aanleg van ondergrondse kabels slechts een smalle strook vrijgehouden hoeft te worden, is meer grond beschikbaar voor bebouwing.

De aanleg van ondergrondse kabels is technisch lastiger vanwege isolatie-eisen en kostbaarder omdat de kabels 10-15 keer duurder zijn.

5. Stedenbouwkundige mogelijkheden

Bovengrondse hoogspanningslijnen kunnen beperkingen opleveren bij de uitwerking van nieuwe bestemmingsplannen. Er zijn inmiddels voorbeelden van een inpassing van hoogspanningslijnen in een nieuwe woonwijk (Hooijer, 2001).

Indien er geen mogelijkheden zijn om masten binnen een bepaalde afstand van elkaar te plaatsen, zoals bij het overbruggen van een rivier of een stadscentrum, dan is de aanleg van ondergrondse kabels de enige optie.

6. Geluidhinder

Onder bepaalde weersomstandigheden (vochtig weer, mist, regen) kunnen hoogspanningslijnen een zoemend geluid geven. Dit geluid wordt veroorzaakt door elektrische ontladingen in de lucht, die teweeg worden gebracht door het elektrische veld. Dit is het zogenaamde corona-effect. Deze ontladingen treden alleen zeer dicht bij de draden op. De ontladingen en het geluid hebben geen nadelige gevolgen voor de gezondheid. Bij harde wind kan een loeiend geluid worden veroorzaakt door de regelmaat van wervels die achter de draden ontstaan.

6. Samenvatting

Sinds enkele jaren bestaat er discussie over de betekenis van onderzoek waarin een relatie wordt gevonden tussen het wonen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en het vóórkomen van leukemie bij kinderen.

De Gezondheidsraad concludeert dat, alhoewel epidemiologische onderzoeken een consistente statistische associatie laten zien, deze associatie zwak is, er geen oorzakelijk verband is aangetoond en er geen plausibel biologisch mechanisme bekend is dat de associatie kan verklaren. Hierdoor is het niet onmogelijk dat de associatie ook door toeval of door andere factoren kan worden verklaard. De WHO/ IARC deelt de magneetvelden van hoogspanningslijnen in bij de categorie "mogelijk carcinogeen".

Het Ministerie van VROM concludeert dat er uit wetenschappelijke evaluaties aanduidingen zijn dat er reële gronden voor zorg bestaan voor het mogelijk optreden van ongewenste gezondheidseffecten. Vanwege het mogelijke risico en de toename van het aantal blootgestelde kinderen (40%) bij ongewijzigd beleid, adviseert de rijksoverheid aan de lokale overheden en de netbeurders om voor nieuwe situaties het voorzorgprincipe te hanteren. Dit betekent dat lokaal een afweging wordt gemaakt tussen de voor- en nadelen van verschillende alternatieven, waarbij geldt dat, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, vermeden wordt dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μ T. Het spreekt vanzelf dat een goede risicocommunicatie en een zorgvuldige besluitvorming bij dit beladen onderwerp essentieel zijn.

De GGD kan een belangrijke rol spelen bij de advisering over het mogelijke gezondheidsrisico, bij de risicocommunicatie en bij de formulering van de mogelijke alternatieven. Bij de advisering over het gezondheidsrisico onderschrijft de GGD het beleid ten aanzien van het voorzorgprincipe. De GGD draagt argumenten aan voor de maatschappelijke discussie.

7. Stappenplan/ Rol GGD

- De GGD verstrekt, op verzoek van burgers of overheid, algemene informatie over de relatie ELF-EM velden en gezondheid.
- In specifieke gevallen zorgt de GGD ervoor dat zij betrokken is bij de besluitvorming/ informatievoorziening over hoogspanningslijnen en andere vragen over de relatie ELF-EM velden en gezondheid.
- De GGD vraagt van/via de gemeente:
 - de gegevens over de lokale situatie of de planvorming;
 - de relevante gegevens over bijvoorbeeld de zakelijk rechtstrook, de elektrische veldsterkte en de magnetische veldsterkte.
- De GGD brengt bij voorkeur een bezoek aan de locatie.
- De GGD adviseert de gemeente zo nodig over de noodzaak van aanvullend onderzoek om de blootstelling te bepalen.
- De GGD beoordeelt het gezondheidsrisico.
- De GGD adviseert (via) de gemeente over het gezondheidsrisico.
- De GGD adviseert (via) de gemeente over de gezondheidkundig relevante aandachtspunten bij de afweging van alternatieve oplossingen bij planvorming.
- De GGD adviseert (via) de gemeente over de wijze van informatievoorziening aan bewoners/ omwonenden. Eén van de mogelijkheden is het organiseren van een informatiebijeenkomst. Aandachtspunten daarbij zijn:
 - het geven van duidelijkheid over eventuele nieuwe plannen;
 - het geven van duidelijkheid over blootstelling op leefniveau;
 - het geven van informatie dat er onzekerheid bestaat over het risico op leukemie bij kinderen (geen bewezen oorzakelijk verband, zwakke relatie);
 - het geven van informatie over het voorzorgprincipe en het daaruit voortkomende verschil in beleid bij nieuwe en bestaande situaties;
 - het mogelijk wijzigen van beleid bij beschikbaar komen van nadere wetenschappelijke gegevens.

8. Betrokken instanties

- Ministerie VROM
L.M. van Aernsbergen, DGM, directie SAS/SNB
Postbus 30945
2500 GX Den Haag
Telefoon: 070-3394 953

- Onderzoeksinstituut:
 - KEMA, Arnhem
Postbus 9035
6800 ET Arnhem
Telefoon: 026-3569111

- Netbeheerders:
 - EnergieNed
Postbus 9042
6800 GD Arnhem
Telefoon: 026-3563496

 - TenneT
Postbus 718
6800 AS Arnhem
Telefoon: 026-3731111

- Gezondheidsraad
Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefoon: 070-3405730

9. Literatuur

Publicaties:

Het wordt aangeraden de met * aangeduide publicaties beschikbaar te hebben.

Ahlbom, A., N. Day, M. Feychting et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83 (5), 692-698, 2000.

Ahlbom, A. et al. Review of the epidemiologic literature on EMF and health. *Environmental Health Perspectives* 109 (S6), 911-933, 2001.

Berg, G.P. van den. Magnetische velden tengevolge van de elektriciteitsvoorziening in de Persoonstraat, Bocholtz. Notitie Natuurkundewinkel. Rijksuniversiteit Groningen, 18-11-2002.

Bogaard, C.J.M. van den. Hoogspanningslijnen en gezondheid. Het beleid van de Inspectie Milieuhygiëne ten aanzien van woonbebouwing. Inspectie Milieuhygiëne, Den Haag, oktober 2001.

Bolte, J.F.B. & Pruppers M.J.M. Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden - Probleemanalyse niet-ioniserende straling. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 861020007, 2004.

*Bruggen, M. van & T. Fast. Beoordelingskader Gezondheid en Milieu: Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie van kinderen. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 609026003, 2003.

Commissie VWS en VROM. Kamerstuk Gezondheid en Milieu; Verslag van een algemeen overleg. Tweede Kamer, vergaderjaar 2004-2005, 28 089, nr. 6. SDU Uitgevers 's-Gravenhage, 2004.

EG. Raad van Europese Gemeenschappen. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999, betreffende de beperking van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz. Publicatieblad van Europese Gemeenschappen, L 199/59, 1999.

*Fast, T., P.J. van den Hazel & D.H.J. van de Weerd. Gezondheidseffectscreening (GES). GGD Nederland, Utrecht, 2004.

Gezondheidsraad. Extreem laag frequente elektromagnetische velden en gezondheid. Gezondheidsraad, publicatie nr. 19992/07, Den Haag, 1992.

*Gezondheidsraad. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz – 10 MHz). Gezondheidsraad, Den Haag, publicatie nr. 2000/06, 2000.

Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2001. Gezondheidsraad, Den Haag, publicatie nr. 2001/14, 2001.

Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Gezondheidsraad, Den Haag, publicatie nr. 200/01, 2004.

Greenland, S, et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukaemia. *Epidemiology* 11 (6), 624-634, 2000.

Habets, T. Gezondheidskundige beoordeling van metingen van magnetische veldsterkte in kantoorruimte. Briefrapport GGD Rotterdam e.o., 16 juli 1998.

Hooijer, L. Stroompark Nesseland te Rotterdam-Alexander. De zorgvuldige inpassing van hoogspanningslijnen. *Gezond bouwen en wonen*, 22-24, 5, 2001.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog risks Hum*, 80, 1-395, 2002.

ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health physics*, vol. 74, nr. 4, 494-522, 1998.

*Plas, M. van der et al. Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610050007, 2001.

*Kelfkens, G., R.M.J. Pennders en M.J.M. Pruppers. Woningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610150001, 2002.

Kelfkens, G., R.M.J. Pennders en M.J.M. Pruppers. Plannen voor nieuwbouwwoningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610150004, 2003.

Kelfkens, G. & M.J.M. Pruppers. Handreiking voor het berekenen van de specifieke 0,4 microtesla zone in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen. RIVM, Bilthoven, 2005. (actuele versie op www.rivm.nl/hoogspanningslijnen)

Kirchner, E.J.J., G.J. Eggink en M.J.M. Pruppers. Niet-ioniserende straling in de gezondheidszorg en effecten op de volksgezondheid. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610059002, 1995.

Matthijsen, A.J.C.M. Verblijftijdentabel voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten. RIVM rapport nr. 620100001, Bilthoven, 2003.

Michaelis, J., J. Schüz, R. Meinert et al. Combined risk estimates for two German population-based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology* 9 (1), 92 – 94, 1998.

NIBRA. Woningen binnen de gevarezone van hoogspanningslijnen: blusrisico's. NIBRA, 27 juni 2005.

NRPB (National Radiological Protection Board). ELF Electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an advisory group on nonionising radiation. NRPB documents volume 12 no. 1, Chilton, Didcot, 2001. Zie website NRPB.

NNI (Nederlands Normalisatie Instituut). Nederlandse norm, NEN-EN 50341-3. Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning - deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten. 2001.

Preece, A.W., P. Grainger, J. Golding & W. Kaune. Domestic magnetic field exposures in Avon. *Phys. Med. Biol.*, 41,71-78, 1996.

Pronk. J.P. Brief aan het College van burgemeester en wethouders van de gemeente Utrecht, gedateerd 25 januari 2002, kenmerk SAS/2001140036.

*Pruppers, M.J.M. Blootstelling aan extreem laag frequente elektromagnetische velden van hoogspanningslijnen – Herberekening naar aanleiding van het KEMA/RIVM-onderzoek naar de kosten en baten van maatregelen ter beperking van magnetische velden bij hoogspanningslijnen. RIVM, Bilthoven, briefrapport nr. 032, 2003.

J. Schüz et al, 2001. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukemia: results from a German population-based case-control study. In: *Int. J. Cancer*, vol. 91, pp. 728-735

Snepvangers, K. Gezondheid onder spanning. Risico's en beperkingen van hoogspanningstracés. *Gezond bouwen en wonen*, 25-27, 5, 2001.

Stuurman, C.S. & J.F. van Wolven. Kostenanalyse van de technische maatregelen ter beperking magnetische velden nabij bovengrondse hoogspanningslijnen (vooronderzoek); Deel 1: Samenvatting. KEMA , Arnhem, 2002.

TenneT. Brochure 'Elektrische en magnetische velden'. TenneT, Arnhem, 2004.¹⁶

UK Childhood Cancer Study Investigators. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *The Lancet*, 354 (9194), 1925 – 1931, 1999.

¹⁶ *Geschied voor publieksinformatie.*

UK Childhood Cancer Studies. Childhood cancer and residential proximity to power lines. *British J. Cancer*, vol. 83, pp. 1573-1580, 2000.

VROM. Circulaire inzake extreem laagfrequente elektrische en magnetische velden (ELF velden). VROM, Den Haag, 1995. NB: De adviezen uit deze Circulaire zijn vervallen (VROM, 2005a)

VROM. NMP4. Nationaal Milieubeleids Plan 4. Een wereld en een wil: werken aan duurzaamheid. Ministerie van VROM, Den Haag, 2001.

*VROM. Nuchter omgaan met risico's. Beslissen met gevoel voor onzekerheden. Hoofddocument. Ministerie VROM, Den Haag, 2004a.

*VROM. Nuchter omgaan met risico's. Beslissen met gevoel voor onzekerheden. Achtergronddocument. Ministerie VROM, Den Haag, 2004b.

VROM. Beleidsalternatieven hoogspanningslijnen onderling overlegd. Schuttelaar & Partners, Den Haag, in opdracht van het Ministerie van VROM, Den Haag, 2004c.

VROM. Burgers over hoogspanningslijnen; een pilot. Korbee & Hovelynck, De Bilt, in opdracht van VROM, Den Haag, 2004d.

VROM. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van de Staatssecretaris van VROM. Ministerie van VROM, Den Haag, 2005a. →Bijlage 5

VROM. Gezondheid en milieu. Brief van de Staatssecretaris van VROM aan de Tweede Kamer, d.d. 24 december 2004. SDU, Den Haag, Kamerstuk 28 089, nr. 7, 2005b.

Wartenberg, D. Residential EMF exposure and childhood leukemia: meta-analysis and population attributable risk. *Bioelectromagnetics*, S86-104, 2001.

Weterings, M. Ruimtelijke ordening met hoogspanningslijnen. Hoogspanningslijnen, ondergronds of inpassen? *Gezond bouwen en wonen*, 19-21, 5, 2001.

Relevante websites		
VROM	www.vrom.nl	Dossier hoogspanningslijnen; infoblad en de 10 meest gestelde vragen en antwoorden ²²
Regering	www.parlement.nl/p/arlendo	Tweede kamerstukken
Europees Parlement	www.europa.eu.int	Richtlijnen van het Europees Parlement
RIVM	www.rivm.nl	Dossier hoogspanningslijnen. Informatie over de indicatieve zone
EnergieNed	www.energiened.nl	
National Radiological Protection Board (NRPB)	www.nrpb.org	Via de link 'understanding radiation' is uitgebreide uitleg over elektrische en magnetische velden beschikbaar
ICNIRP	www.icnirp.de	Informatie over richtlijnen voor elektromagnetische veldsterkten. Zoeken via publicaties/ EMF/ guidelines
TenneT	www.tennet.nl	Informatie over stroomvoorziening en elektrische en magnetische velden
WHO	www.euro.who.int/document	<p>- document: Informatie over het voorzorgsbeginsel in 'The precautionary principle, protecting public health, the environment and the future of our children'.</p> <p>- mediacentre → factsheets ²³</p> <p>In Nederlands informatieblad nr. 205: Elektromagnetische velden en volksgezondheid, extreem lage frequenties (ELF)</p> <p>In Nederlands informatieblad nr. 263: Elektromagnetische velden en volksgezondheid, extreem laagfrequente velden en kanker</p>

²³ Geschikt voor publieksinformatie.

10. Definities/Afkortingen

Basisbeperkingen	Op gezondheidkundige overwegingen vastgestelde blootstellingslimieten, die betrekking hebben op bepaalde elektromagnetische fenomenen die in het menselijk lichaam tot gezondheidsschade kunnen leiden. Voor wisselvelden tot circa 10 MHz is dit de in het lichaam opgewekte elektrische stroom. (Voor zover relevant overgenomen uit: Gezondheidsraad, 2000)
Belaste strook	zie Zakelijk rechtstrook
EM	Elektromagnetisch
ELF	Extreem Laag Frequent
ELF-EM velden	Elektrische en magnetische velden met frequenties lager dan 300 Hz, ofwel golflengten hoger dan 1000 km.
Fosfenen	Lichtvlekken of -flitsen die waargenomen worden als gevolg van directe stimulatie van het netvlies door elektrische stroom.
Gevoelige bestemming	In het kader van kinderen die langdurig verblijven in de magneetveldzone van bovengrondse hoogspanningslijnen zijn hiervoor woningen, crèches en kinderopvangplaatsen aangemerkt. (Bron: VROM, 2005a)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. De ICNIRP is een onafhankelijk adviesorgaan dat onder anderen adviseert aan de Verenigde Naties en de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO).
IRPA	International Radiation Protection Association, de huidige ICNIRP.
Indicatieve zone	De magneetveldzone berekend op basis van een aantal conservatieve aannames (voor bestaande situaties beschikbaar op www.rivm.nl) (Bron: VROM, 2005a)
Langdurige blootstelling	In het kader van verblijf in de magneetzone van bovengrondse hoogspanningslijnen wordt uitgegaan van kinderen die wonen of verblijven in scholen, crèches of kinderopvangplaatsen. (Bron: VROM, 2005a)

Magneetveldzone	De magneetveldzone is de strook grond die zich aan beide zijden langs de hoogspanningslijn uitstrekt en waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger dan 0,4 μT is of in de toekomst kan worden. (Bron: VROM, 2005a)
NIBRA	Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding.
Nieuwe situaties	<ul style="list-style-type: none"> - Nieuwe streek- of bestemmingsplannen, dan wel wijzigingen in bestaande - Nieuwe bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel wijzigingen aan bestaande (Bron: VROM, 2005a)
Nominale belasting	<p>Belasting van hoogspanningslijnen tot maximaal 50%. Een hoogspanningslijn heeft een bepaalde maximale belastbaarheid. Omdat in Nederland het net als het ware "dubbel" is uitgevoerd (de meeste hoogspanningslijnen bestaan uit twee of meer circuits, waardoor bij uitval van 1 circuit het andere circuit tijdelijk de hele stroomvoorziening kan voeren), worden de lijnen tot hooguit 50% belast (soms iets hoger bij meer dan 2 circuits); dit is de nominale belasting. De tabel gaat uit van die nominale belasting. Omdat het net echter zo uitgevoerd moet zijn dat ook piekbelastingen en calamiteiten elders opgevangen kunnen worden, zal de gemiddelde stroombelasting over een langere periode voor een hoogspanningslijn lager zijn dan de nominale belasting. Met andere woorden: in de tabel is de worst-case continue situatie weergegeven. Als een lijn langdurig op 50% belast wordt, is dat voor de beheerder een signaal dat er geen marge meer is. In dat geval zal gezocht worden naar alternatieven (bijvoorbeeld verzwaring van de lijn, extra circuit toevoegen, nieuwe lijn bouwen of een andere stroomroute zoeken).</p>
Percentiel	De rangorde die een meetwaarde inneemt wanneer alle meetwaarden geklasseerd zijn volgens grootte van klein naar groot. De 90 ^e percentiel duidt aan dat 90 % van alle meetwaarden kleiner dan of gelijk zijn aan deze waarde. De 50 ^e percentiel is gelijk aan de mediane waarde.
Referentieniveaus	Waarden voor de sterkte van het ongestoorde elektrische en magnetische veld die zijn afgeleid van de basisbeperkingen en

die als hulpmiddel dienen om te bepalen of aan de basisbeperkingen wordt voldaan. De grootheden die ten grondslag liggen aan de basisbeperkingen kunnen niet eenvoudig gemeten worden, de elektrische en magnetische veldsterkte wel. (Bron: Gezondheidsraad, 2000)

Specifieke zone De magneetveldzone berekend overeenkomstig de door het RIVM opgestelde Handreiking (Kelfkens & Pruppers, 2005). (Bron: VROM, 2005a)

Voorzorgprincipe/
Voorzorgbeginsel In het NMP-4 wordt de term voorzorgprincipe gebruikt. In de VROM-nota 'Nuchter omgaan met risico's. Beslissen met gevoel voor onzekerheden; hoofddocument' (VROM, 2004a) wordt het voorzorgprincipe gehanteerd en wordt het voorzorgbeginsel als volgt omschreven:

Het voorzorgbeginsel heeft een plaats gekregen in Beginsel 15 van de verklaring van Rio: 'Teneinde het milieu te beschermen zullen staten naar hun vermogen op grote schaal de voorzorgbenadering moeten toepassen. Daar waar ernstige of onomkeerbare schade dreigt, dient het ontbreken van volledige wetenschappelijke zekerheid niet als argument te worden gebruikt voor het uitstellen van kosteneffectieve maatregelen om milieuaantasting te voorkomen'. Voorts wordt voorzorg gezien als 'strategie voor risicomanagement, indien er gegronde redenen zijn om te vrezen dat potentiële gevaren het milieu of de gezondheid van mensen, dieren en planten zouden kunnen aantasten, maar beschikbare gegevens geen uitvoerige risico-evaluatie mogelijk maken'.

De EU heeft in 2000 (COM/2000/0001 def.) richtsnoeren opgesteld voor de toepassing van het voorzorgbeginsel:

'Aan de beslissing tot toepassing van het voorzorgbeginsel moeten drie specifieke beginselen ten grondslag liggen:

- de toepassing van het beginsel moet gebaseerd zijn op een zo volledig mogelijke wetenschappelijke evaluatie. Daarbij moet, indien mogelijk, in iedere fase de mate van wetenschappelijke onzekerheid worden vastgesteld;*
- elk besluit om al dan niet te handelen uit hoofde van het voorzorgbeginsel moet worden voorafgegaan door een evaluatie van het risico en de potentiële gevolgen van niet-handelen;*
- zodra de resultaten van de wetenschappelijke evaluatie en/of risico-evaluatie beschikbaar zijn, dienen alle betrokken partijen bij de bestudering van de verschillende denkbare mogelijkheden betrokken te worden en moet de procedure zo transparant mogelijk zijn.' Ook ligt er in het beleid, indachtig internationale afspraken, steeds meer nadruk op maatregelen uit voorzorg.*

Hierbij geldt wel dat als maatregelen in het kader van voorzorg zijn genomen deze herzien kunnen worden als nieuwe wetenschappelijke inzichten daartoe aanleiding geven. Ook (nog) niet eenduidige wetenschappelijke resultaten kunnen aanleiding geven tot maatschappelijke

onrust waar beleidsmatig niet aan voorbij gegaan kan worden. Het door middel van voorzorg omgaan met risico's past binnen 'strategisch beslissen in onzekerheid' (RIVM categorie 4).

Door de Gezondheidsraad wordt de term 'voorzorgbeginsel' als volgt omschreven: *Methode om beschermende maatregelen aan te moedigen wanneer gezondheidsrisico's niet volledig op wetenschappelijke gronden kunnen worden gekwantificeerd. Maatregelen kunnen uiteenlopen van risicocommunicatie (het informeren van burgers over risico's en onzekerheden zolang nader onderzoek wordt uitgevoerd) tot risicomangement (verminderen van risicovolle activiteiten). De Gezondheidsraad volgt hiermee de benadering van de WHO (Gezondheidsraad, 2004; WHO document 'The precautionary principle, protecting public health, the environment and the future of our children' 2004).*

Wire code De indeling in een beperkt aantal klassen van het totaal van componenten van het bovengrondse elektriciteitsdistributiesysteem: het aantal draden met hoge en lage spanning, hun onderlinge positie en de plaats van de transformatoren; dit alles gerelateerd aan de afstand tot een woning. Deze indeling heeft een zekere relatie met de sterkte van het elektromagnetische veld bij de woning. (Bron: Gezondheidsraad, 2000/06)

Zakelijk rechtstrook/ De termen Zakelijk rechtstrook en Belaste strook zijn synoniem.
Belaste strook De strook grond waarop ten behoeve van een hoogspanningsverbinding het op het perceel gevestigde recht van opstal kan worden uitgeoefend, of waarop een gedoogplicht rust. Een belaste strook omvat een strook grond met begrenzingen op gelijke afstand, ter weerszijden van en evenwijdig aan de hartlijn van een hoogspanningslijn.
De Netbeheerder vermeldt de exacte afmetingen van de belaste strook. (Bron: TenneT)

Toelichting eenheden

V	Volt: elektrische spanning
Hz	Herz: frequentie van stroom (aantal richtingswisselingen per seconde van wisselstroom)
A	Ampère: stroomsterkte
A/m	Magnetische veldsterkte (voor toelichting zie bijlage 2)
A/m ²	Stroomdichtheid
V/m	Elektrische veldsterkte (voor toelichting zie bijlage 2)
T	Tesla: magnetische fluxdichtheid (in de praktijk ook wel magnetische veldsterkte genoemd; (voor toelichting zie bijlage 2))

11. Geraadpleegde deskundigen

Dr. L.M. van Aernsbergen, Ministerie VROM, DGM, directie SAS/SNB, Den Haag

Mw. M. Beerlage, KEMA, Arnhem

Ir. G.P. van den Berg, Wetenschapswinkel Natuurkunde, Rijksuniversiteit Groningen

Dr. G. Kelfkens. RIVM, Bilthoven.

Dr. M.J.M. Pruppers. RIVM, Bilthoven.

Dr. E. van Rongen, Gezondheidsraad, Den Haag

12. Samenstelling werkgroep

Penvoerder:

Mw. N.E. van Brederode, medisch milieukundige, LCM, Rotterdam

Werkgroepleden:

C.J.M. van den Bogaard, VROM-Inspectie, Ministerie VROM, Den Haag.

M. van Bruggen, medisch milieukundige, RIVM, Bilthoven.

Mw. T. Fast, milieuhygiënist, Fast Advies, Utrecht.

Mw. C. Hegger, medisch milieukundige, GGD Rotterdam e.o., Rotterdam

D.H.J. van de Weerd, medisch milieukundige, Hulpverlening Gelderland Midden, Sector Volksgezondheid/GGD, Arnhem.

Bijlagen

- | | |
|-----------|---|
| Bijlage 1 | Organisatie van het elektriciteitstransport in Nederland |
| Bijlage 2 | Begripsbepaling ten aanzien van elektromagnetische straling en velden |
| Bijlage 3 | Bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland |
| Bijlage 4 | Modelbouwverordening, artikel 2.5.19. Bouwen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoofdtransportleidingen |
| Bijlage 5 | Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van de Staatssecretaris van VROM (VROM, 2005a) |
| Bijlage 6 | Voorbeeld van een complex onderzoek naar veldsterkten van hoogspanningslijnen (alleen digitaal via GGD Kennisnet beschikbaar) |
| Bijlage 7 | Voorbeeld van een complex onderzoek naar veldsterkten van hoogspanningslijnen (alleen digitaal via GGD Kennisnet beschikbaar) |

Bijlage 1 Organisatie van het elektriciteitstransport in Nederland

Transport

Het elektriciteitstransport verloopt als volgt:

Elektriciteitsproductie → landelijk hoofdtransportnet → Regionale *netten* → klant

Net

Een netwerk van bovengrondse en ondergrondse verbindingen, schakel- en verdeelstations en verdere hulpmiddelen waarover elektriciteit wordt getransporteerd.

Het elektriciteitsnet is onder te verdelen in een hoofdtransportnet, beheerd door *TenneT*, met spanningen van 380 kV en 220 kV, een transportnet met spanningen van 150 kV, 110 kV en 50 kV en een distributienet met spanningen van 25 kV, 20 kV, 10 kV en 380/230 V.

Energiebedrijven

Energiebedrijven zijn, sinds 1 juli 2004, gesplitst in *energieleveranciers* en *netbeheerders*.

Energieleveranciers dingen naar de gunst van de klant met hun prijs, dienstverlening en leveringsvoorwaarden.

Netbeheerders verzorgen het transport van energie tegen de voorwaarden die de overheid bepaalt. Een van die voorwaarden is dat zij elk transport moeten verzorgen, ongeacht welke leverancier de energie aan de klant levert. Daardoor kunnen klanten zelf bepalen bij welke leverancier zij elektriciteit kopen.

De netbeheerder is door de overheid aangewezen voor het beheer van één of meer netten. Hij is verantwoordelijk voor de aanleg van de netten en het transport van elektriciteit.

De netbeheerder zorgt dat het netwerk goed werkt, dat klanten worden aangesloten en dat storingen worden verholpen. De netbeheerder is onafhankelijk van leveringsbedrijven en garandeert vrije toegang voor de leveranciers.

TenneT

De onafhankelijk netbeheerder die verantwoordelijk is voor het landelijke hoogspanningsnet. Vanuit dit net worden de meeste regionale netten van stroom voorzien en wordt de interconnectie met buitenlandse netten verzorgd.

TenneT organiseert de betrouwbaarheid en continuïteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening door te zorgen voor de balans tussen productie en verbruik van elektriciteit. TenneT veilt de beschikbare importcapaciteit. Het bedrijf is voor 100% in handen van de Nederlandse overheid.

EnergieNed

EnergieNed is de brancheorganisatie voor alle bedrijven die in Nederland actief zijn in productie, transport, handel of levering van gas, elektriciteit en/of warmte.

De federatie behartigt de belangen van de aangesloten bedrijven en is aanspreekpunt voor overheid, politiek en belangenorganisaties. Namens de leden voert EnergieNed op nationaal en internationaal niveau de dialoog met deze partijen om op de markt voldoende ruimte voor ondernemerschap te creëren. Eén van de voorwaarden waar EnergieNed zich sterk voor maakt, is gelijke condities op de Nederlandse en de Europese markt voor alle partijen.

Bronnen:

www.energiened.nl

www.tennet.nl

Bijlage 2 Begripsbepaling ten aanzien van elektromagnetische straling en velden

Elektromagnetische straling (EM-straling) omvat zowel ioniserende als niet-ioniserende straling:

- Ioniserende straling is EM-straling waarvan de primaire wisselwerking met materie plaatsvindt door ionisatie.
- Niet-ioniserende straling omvat alle vormen van EM-straling en elektrische en magnetische velden waarvan de primaire wisselwerking niet plaatsvindt door ionisatie.
- Ioniserende en niet-ioniserende straling worden gekarakteriseerd door:
 - Frequentie, met als eenheid Hertz (Hz)
 - Golflengte, met als eenheid meter (m)
 - Energie, met als eenheid Joule (J) of elektronvolt (eV)

Het verband tussen deze grootheden is als volgt: des te hoger de frequentie van de straling, des te kleiner de golflengte en des te groter de energie.

Niet-ioniserende straling wordt gekenmerkt door een golflengte $> 100\text{nm}$, een frequentie $< 3000\text{ THz}$ en een energie $< 12,4\text{ eV}$.

In principe wordt over velden gesproken bij lange golflengten en lage frequenties (ELF-EM velden) en over straling bij korte golflengten en hoge frequenties (radiofrequente en optische straling).

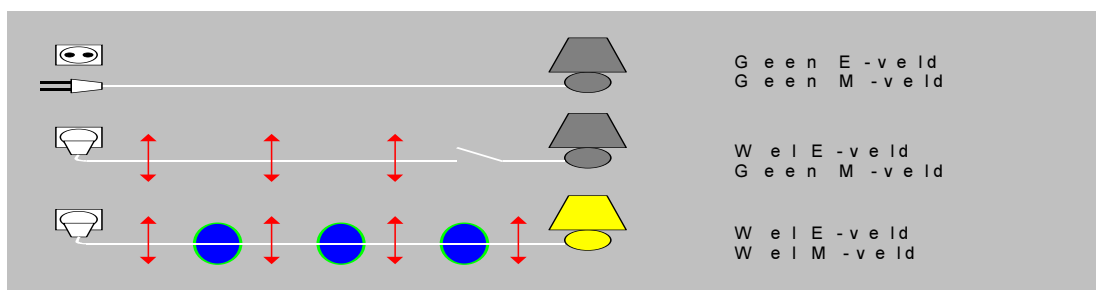
Extreem laag frequente (ELF) velden zijn elektromagnetische velden met frequenties lager dan 300 Hz , ofwel golflengten langer dan 1000 km .

De sterkte van ELF velden en radiofrequente straling wordt aangegeven met:

- de elektrische veldsterkte (V/m) en
- de magnetische veldsterkte (A/m) of magnetische fluxdichtheid (T=tesla)¹⁷

Illustratie van spanning versus stroom.

Indien er spanning op een leiding aanwezig is (2^e situatie), is er een elektrisch veld. Indien er ook stroom door de leiding loopt is er naast een elektrisch veld ook een magnetisch veld (3^e situatie).



¹⁷ Let op: de term 'magnetische veldsterkte' wordt ook gebruikt voor het begrip 'magnetische fluxdichtheid' omdat deze term begrijpelijker is. De eenheid geeft aan welk begrip wordt bedoeld.

Bijlage 3 Bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland (Kelfkens, 2003)

(De afbeelding is in kleur te zien op of te downloaden van GGD Kennisnet: www.ggd Kennisnet.nl , zoeknummer 28715)



Figuur 1 Het bovengrondse hoogspanningsnet, anno 2002

Bijlage 4 Model-bouwverordening, artikel 2.5.19. Bouwen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoofdtransportleidingen

Model-bouwverordening, Artikel 2.5.19

Bouwen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen en ondergrondse hoofdtransportleidingen

- Binnen een strook van 6 meter ter weerszijden van voor stroomgeleiding bestemde draden van **bovengrondse hoogspanningslijnen** mogen zich geen delen bevinden van andere bouwvergunningplichtige bouwwerken dan die welke deel uitmaken van de hoogspanningslijn. Bij het bepalen van deze afstand moet rekening worden gehouden met het uitzwaaien van de draden ten gevolge van de wind. Onder hoogspanningslijn wordt in dit artikel verstaan een lijn met een nominale elektrische spanning van 1.000 volt of meer.
- Binnen een strook van 6 meter ter weerszijden van een **ondergrondse hoofdtransportleiding** mogen geen bouwvergunningplichtige bouwwerken worden gebouwd.
- Burgemeester en wethouders kunnen ontheffing verlenen van:
 - het bepaalde in het eerste lid voor wat betreft de afstand van 6 meter, indien de elektrische spanning van de hoogspanningslijn daarvoor geen bezwaar oplevert;
 - het bepaalde in het tweede lid voor wat betreft de afstand van 6 meter, indien daartegen met het oog op de veilige en ongestoorde ligging van de leiding geen bezwaar bestaat.

Bijlage 5 Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van de Staatssecretaris van VROM (VROM, 2005)

De bijlagen behorende bij dit advies zijn te downloaden via de site van het ministerie van VROM (www.vrom.nl). Zoek vervolgens naar 'dossier hoogspanningslijnen' en kijk in publicaties.

Bijlage 6 en 7 Voorbeelden van onderzoeken naar veldsterkten van hoogspanningslijnen. Voorbeeld van complexe onderzoeken in Helmond en Veenendaal.

Deze bijlagen zijn als onderdeel van de richtlijn alleen digitaal beschikbaar op GGD Kennisnet.

Magnetische velden bij hoogspanningslijnen in Brandevoort, gemeente Helmond.

M.A.M. Beerlage et al., KEMA, Arnhem, 2004.

Digitaal beschikbaar op:

- GGD Kennisnet, zoeknummer: 28715
- www.helmond.nl → Stad → Leven & Wonen → Brandevoort → onderzoeksrapport

Onderzoek naar verplaatsing van de 150 kV hoogspanningslijn in de Gemeente Veenendaal.

M.A.M. Beerlage et al., KEMA, Arnhem, 2003.

Digitaal beschikbaar op:

- GGD Kennisnet, zoeknummer: 28715
- www.veenendaal.nl → Meer weten over → gemeente projecten → hoogspanning