

The logo for RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) is displayed in white lowercase letters on a yellow rectangular background. The letters are in a sans-serif font, with the 'i' and 'v' having a distinctive shape.

Rapport 609300011/2009

A. Dusseldorp | M.J.M. Pruppers | J.F.B. Bolte | A.E.M. Franssen | N.M. van Kuijeren

# Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen

Literatuur en metingen

RIVM-rapport 609300011/2009

**Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF)  
magnetische velden bij verschillende bronnen**  
Literatuur en metingen

A. Dusseldorp  
M.J.M. Pruppers  
J.F.B. Bolte  
A.E.M. Franssen  
N.M. van Kuijeren

Contact:  
A. Dusseldorp  
Centrum Inspectie- Milieu en Gezondheidsadviesing (IMG)  
[annelike.dusseldorp@rivm.nl](mailto:annelike.dusseldorp@rivm.nl)

Dit onderzoek werd op verzoek van de GGD'en verricht ten laste van het door het ministerie van VWS gefinancierde project V/609300 'Ondersteuning aan GGD'en'

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

## Rapport in het kort

### **Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen**

Literatuur en metingen

In de buurt van transformatorhuisjes, ondergrondse kabels en huishoudelijke apparaten heeft het RIVM verkennende metingen van het magnetische veld uitgevoerd. De metingen zijn op verzoek van de GGD'en verricht en dienen als achtergrondinformatie om vragen van burgers te beantwoorden. Bovendien zijn protocollen ontwikkeld om de GGD'en te ondersteunen bij de uitvoering van metingen.

De sterkte van het magnetische veld in de buurt van transformatorhuisjes en kabels neemt af met de afstand. Daarnaast hangt het veld af van de sterkte van de stroom op het tijdstip van de meting. Ook is de manier waarop de kabels in de grond liggen van invloed op de veldsterkte. De metingen zijn daarom niet representatief voor ogenschijnlijk vergelijkbare situaties. Dat geldt ook voor de veldsterkte van huishoudelijke apparaten, omdat het type en de leeftijd van het apparaat van invloed zijn op de veldsterkte. Wel geven de metingen een beeld van de ordegrrootte van de veldsterkte op verschillende afstanden van deze bronnen.

Voorafgaand aan de metingen is geïnventariseerd welke gegevens over de sterkte van het magnetische veld in veelvoorkomende situaties beschikbaar waren. Voor bovengrondse hoogspanningslijnen bleek voldoende in kaart gebracht welke veldsterkten op diverse afstanden van de lijnen optreden. Voor ondergrondse hoogspanningskabels, transformatorhuisjes, huishoudelijke apparatuur en de veldsterkten in woningen, bleken gegevens schaars of verouderd.

Trefwoorden:

magnetische velden, hoogspanningslijnen, hoogspanningskabels, transformatorhuisjes, ondergrondse kabels, huishoudelijke apparatuur, metingen



## Abstract

### **Exploration of extremely-low frequency (ELF) magnetic fields near several sources**

Literature and measurements

RIVM performed pilot measurements of the magnetic field in the neighbourhood of transformer houses, underground cables and household appliances. The measurements were made at the request of the Municipal Public Health Services (GGD) and should provide the GGD with background information for answering questions from citizens. Measurement protocols were also developed to assist the GGD in carrying out future measurements.

The strength of the magnetic field in the vicinity of transformer houses and underground cables decreases with distance and is dependent on the strength of the current at the time of the measurement. The strength of the current is proportional to the amount of electricity used. The arrangement of the cables in the ground also affects the strength of the magnetic field. Consequently, the pilot measurements cannot be considered to be representative of apparently similar situations. The same is true for the magnetic field of household appliances, since both the type and age of the appliance affect the strength of the field. The results do, however, indicate the order of magnitude of the strength of the magnetic field at various distances from sources of magnetic fields.

Prior to the measurements being performed, an inventory was made of currently available data on the strength of the magnetic field in common everyday situations. For overhead power lines, there was sufficient information on the strengths of the field at various distances from the lines. In contrast, data were scarce or outdated for underground cables, transformer houses, household appliances and field strengths in dwellings.

Key words:

magnetic fields, overhead power lines, power cables, transformer houses, underground cables, household appliances, devices, measurements



## **Voorwoord**

Voor de uitvoering van dit project zijn wij ondersteund door een aantal anderen die wij hierbij hartelijk willen bedanken:

De netbeheerders voor het verstrekken van gegevens over stroomsterkte en de aanwezigheid bij het uitvoeren van de metingen: TenneT, ENECO/Stedin, Continuon/Liander, Essent/Enexis en RIVM-TD.

De medewerkers van de GGD'en die aanwezig waren bij de metingen en soms ook een deel van het veldwerk verricht hebben: Ingrid Akkersdijk (GGD Zuid-Holland-Zuid), Loes Staal (GGD Kennemerland), Paola Esser (GGD Zuid-Limburg), Bart Poelman (GGD Amsterdam), Rinske Keuken (GGD Kennemerland) en Margot van den Akker (GGD Zaanstreek-Waterland).

De meetapparatuur die in dit onderzoek is gebruikt, is in bruikleen gegeven vanuit het project 'EMF exposure characterisation using personal exposimeters and an Activity Exposure Matrix (EMF-AEM)' uit het 'Electromagnetic Fields and Health Research Programme' van ZonMw.





## Inhoud

<b>Samenvatting</b>		<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1	Achtergrond	13
1.2	Doel van het project	13
1.3	Aanpak project	13
1.4	Samenhang met andere RIVM-projecten	14
1.5	Meer informatie over elektromagnetische velden	14
<b>2</b>	<b>Extreem-laagfrequente (ELF-)velden</b>	<b>15</b>
2.1	Wat zijn ELF-velden?	15
2.2	(Elektro)magnetische velden en gezondheid	16
<b>3</b>	<b>RIVM-metingen</b>	<b>19</b>
3.1	Keuze te meten bronnen	19
3.2	Meetapparatuur en meetprotocollen	21
3.3	Meetperiode en keuze locaties	22
3.4	Dataverwerking	23
3.5	Medewerking van netbeheerders	24
<b>4</b>	<b>Bovengrondse hoogspanningslijnen</b>	<b>27</b>
4.1	Beschikbare gegevens	27
4.2	Conclusies	28
<b>5</b>	<b>Ondergrondse hoogspanningskabels</b>	<b>29</b>
5.1	Beschikbare meetgegevens	29
5.2	Beschikbare gemodelleerde gegevens	32
5.3	Dataverwerking (jaargemiddeld magnetisch veld)	34
5.4	Resultaten RIVM-metingen	35
5.5	Conclusies	36
<b>6</b>	<b>Transformatorhuisjes</b>	<b>37</b>
6.1	Beschikbare meetgegevens	38
6.2	Beschikbare gemodelleerde gegevens	39
6.3	Dataverwerking	40
6.4	Resultaten RIVM-metingen	41
6.5	Conclusies	42
<b>7</b>	<b>Huishoudelijke apparatuur</b>	<b>43</b>
7.1	Beschikbare gegevens	43
7.2	Onderbouwing reden voor metingen	46
7.3	Resultaten RIVM-metingen	47
7.4	Conclusies	50
<b>8</b>	<b>Magnetisch veld op plekken in de woning</b>	<b>51</b>
8.1	Beschikbare gegevens	51
8.2	Resultaten RIVM-metingen	51
8.3	Conclusies	52

<b>Literatuur</b>		<b>53</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Beleid</b>	<b>57</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Metingen onderstation en laagspanningsdistributiekabels</b>	<b>58</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Meetgegevens ondergrondse hoogspanningskabels</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage D</b>	<b>Meetgegevens transformatorhuisjes</b>	<b>62</b>
<b>Bijlage E</b>	<b>Meetgegevens apparaten</b>	<b>65</b>
<b>Bijlage F</b>	<b>Meetgegevens apparaten ten opzichte van de literatuur</b>	<b>66</b>
<b>Bijlage G</b>	<b>Meetgegevens woningen</b>	<b>69</b>
<b>Bijlage H</b>	<b>Meetprotocollen voor GGD'en</b>	<b>70</b>
<b>Bijlage I</b>	<b>Communicatie over de metingen</b>	<b>92</b>

## Samenvatting

In de woonomgeving bevinden zich diverse bronnen van extreem-laagfrequente velden (ELF-velden). Dat zijn elektromagnetische (EM) velden met frequenties tussen 0-300 Hz en een golflengte van meer dan 1000 km. Deze ELF-velden komen voor bij bijvoorbeeld hoogspanningslijnen, ondergrondse kabels, transformatorhuisjes en elektrische apparaten. GGD'en ontvangen vaak vragen over de hoogte van magnetische velden van diverse bronnen. Zij missen bij het beantwoorden van deze vragen gegevens over de hoogte van het magnetische veld. De GGD'en hebben daarom het RIVM gevraagd een aantal verkennende metingen te doen in veelvoorkomende situaties en daarbij specifiek aan te geven op welke afstand een waarde van 0,4  $\mu\text{T}$  wordt bereikt. De meetgegevens worden weergegeven in dit rapport.

Uit het literatuuronderzoek, dat de start vormde van het project, bleek dat voor bovengrondse hoogspanningslijnen voldoende gegevens voorhanden zijn om een uitspraak te doen over de orde grootte van het magnetische veld. De beschikbare gegevens worden in het rapport beschreven. Ook wordt beperkt aandacht besteed aan onderstations en laagspanningsdistributiekabels. Het RIVM heeft metingen gedaan bij ondergrondse hoogspanningskabels, transformatorhuisjes en elektrische apparaten, omdat recente en voor Nederland geldende gegevens schaars bleken te zijn.

### *Ondergrondse hoogspanningskabels en transformatorhuisjes*

Het magnetische veld is gemeten bij vier ondergrondse kabels van 150 kV, een van 50 kV en bij zes transformatorhuisjes. Alle metingen zijn op één meter hoogte verricht. Door rekening te houden met de stroomsterkte op het moment van de meting in vergelijking met de jaargemiddelde stroomsterkte, kon een jaargemiddelde veldsterkte worden geschat. Deze varieerde recht boven de 150 kV-kabels van ongeveer 3  $\mu\text{T}$  tot ongeveer 30  $\mu\text{T}$ . De afstand waarop de 0,4  $\mu\text{T}$  werd bereikt, varieerde van ongeveer 5 tot 30 m. Recht boven de 50 kV-kabels was het magnetische veld net boven 0,4  $\mu\text{T}$ . Het magnetische veld van de zes transformatorhuisjes was maximaal 1,5 tot 40  $\mu\text{T}$  direct tegen de muur, en was op 1,5 tot 4 m afstand lager dan 0,4  $\mu\text{T}$ .

### *Woningen en huishoudelijke apparatuur*

In negen woningen is een halfuur lang het magnetische veld gemeten op plekken waar mensen veel verblijven, zoals op de bank, in bed of aan tafel. Gemiddeld over de woningen was het magnetische veld 0,06  $\mu\text{T}$  (range: 0,01-0,1  $\mu\text{T}$ ). De metingen bij huishoudelijke apparatuur zijn verricht aan die kant van het apparaat en die hoogte waar de gebruiker van het apparaat zich normaal gesproken bevindt. Van de gemeten huishoudelijke apparatuur waren de velden vrijwel allemaal binnen een halve meter van het apparaat kleiner dan 0,4  $\mu\text{T}$ . Uitzondering hierop vormt de stofzuiger; daarvan blijft het magnetische veld tot op ongeveer 70 cm hoger dan 0,4  $\mu\text{T}$ .

### *Meetprotocollen*

Omdat voor elke bron slechts enkele metingen konden worden gedaan, vormen de resultaten een indicatie van de orde grootte van het magnetische veld bij dergelijke bronnen. Ze zijn niet zonder meer toepasbaar voor op het oog vergelijkbare situaties. Daarom zullen GGD'en bij advisering in dergelijke situaties in sommige gevallen locatiespecifieke metingen verrichten. De meetprotocollen, die speciaal voor dit doel zijn opgesteld, zijn in dit rapport opgenomen. De protocollen kunnen de GGD'en ondersteunen, indien zij metingen van het magnetische veld in specifieke situaties uitvoeren.

### *Gebruik van de gegevens*

Het rapport dient als achtergrondinformatie voor GGD'en bij het adviseren van burgers en gemeenten die vragen hebben over het voorkomen en de hoogte van magnetische velden. De gegevens zeggen niets over een eventueel gezondheidsrisico, gezien de wetenschappelijke onzekerheid over de relatie tussen magnetische velden en gezondheid. In het rapport wordt de lezer verwezen naar de meest recente inzichten hierover.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Bij het RIVM is door het ministerie van VWS het centrum voor Gezondheid en Milieu (cGM) ondergebracht. Het centrum ondersteunt medisch milieukundige medewerkers bij de GGD'en, onder andere via een jaarlijks werkplan. GGD'en dienen projecten in voor het werkplan, dat wordt vastgesteld na een prioriteringsronde onder alle GGD'en. Een van de projecten van het werkplan 2008, is het door GGD Zuid-Limburg ingediende project 'meten van extreem-laagfrequente (ELF) elektromagnetische velden bij verschillende bronnen', waarvan dit rapport het resultaat is.

GGD'en krijgen regelmatig vragen van burgers die zich ongerust maken over nadelige effecten op hun gezondheid als gevolg van het wonen in de buurt van hoogspanningslijnen en andere bronnen, zoals transformatorhuisjes en verdeelstations. Bij het beantwoorden van vragen van burgers en gemeenten, is een goede informatievoorziening en risicocommunicatie van belang. Kennis van de hoogte van het voorkomen van ELF-velden in diverse situaties in woonomgevingen, bieden hierin een goede ondersteuning. Op dit moment zijn er zo goed als geen meetgegevens beschikbaar waarover GGD'en kunnen beschikken.

## 1.2 Doel van het project

Het doel van het project is om meetgegevens te verzamelen die GGD'en kunnen gebruiken bij de advisering van burgers of gemeenten. Er is vooral behoefte aan meetgegevens van magnetische velden bij ondergrondse hoogspanningskabels, transformatorhuisjes, verdeelstations en rondom huishoudelijke apparaten. Het streven is om voor veelvoorkomende situaties een indicatie te krijgen van de veldsterkten die men normaal gesproken aantreft. De GGD heeft daarbij specifiek gevraagd om aan te geven op welke afstand de waarde van  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt bij de verschillende bronnen (zie Bijlage A). Een tweede doel van het project is om meetprotocollen beschikbaar te maken voor GGD'en. In de toekomst kunnen GGD'en daarvan gebruikmaken wanneer, naar aanleiding van vragen over magnetische velden van bronnen in hun regio, wordt besloten metingen uit te voeren.

## 1.3 Aanpak project

Voor een deel van de in paragraaf 1.1. genoemde veelvoorkomende situaties zijn al (enige) gegevens voorhanden in diverse rapporten en publicaties. Daarom is besloten om te starten met het opstellen van een overzicht van beschikbare meetgegevens. Op basis hiervan is gekeken voor welke bronnen deze gegevens ontbreken. De metingen zijn gericht op deze bronnen. Per bron is een meetprotocol opgesteld, dat vervolgens is gebruikt om op meestal vijf locaties per bron metingen te verrichten. De bevindingen uit de literatuur en de resultaten van de eigen verkennende metingen worden in dit rapport gepresenteerd. De meetprotocollen zijn op grond van de ervaringen enigszins bijgesteld voor gebruik door de GGD'en en bijgevoegd bij het rapport (zie Bijlage H).

## **1.4 Samenhang met andere RIVM-projecten**

Het RIVM voert momenteel een ander project uit, gefinancierd via ZonMw in het kader van het programma Elektromagnetische Velden en Gezondheid, waarin de individuele blootstelling aan onder andere ELF-velden wordt gemeten (Bolte, 2009; Bolte et al., 2008; ZonMw, 2008). Het project moet inzicht geven in de blootstelling aan ELF-velden tijdens bepaalde alledaagse activiteiten, zoals televisie kijken, boodschappen doen of reizen met de trein. Bij het beslissen van de te meten bronnen binnen het huidige MMK-project is bekeken in hoeverre de gegevens uit beide projecten elkaar kunnen aanvullen. Bovendien is gebruikgemaakt van dezelfde meetapparatuur. De resultaten van het project naar de individuele blootstelling komen naar verwachting in 2010 beschikbaar.

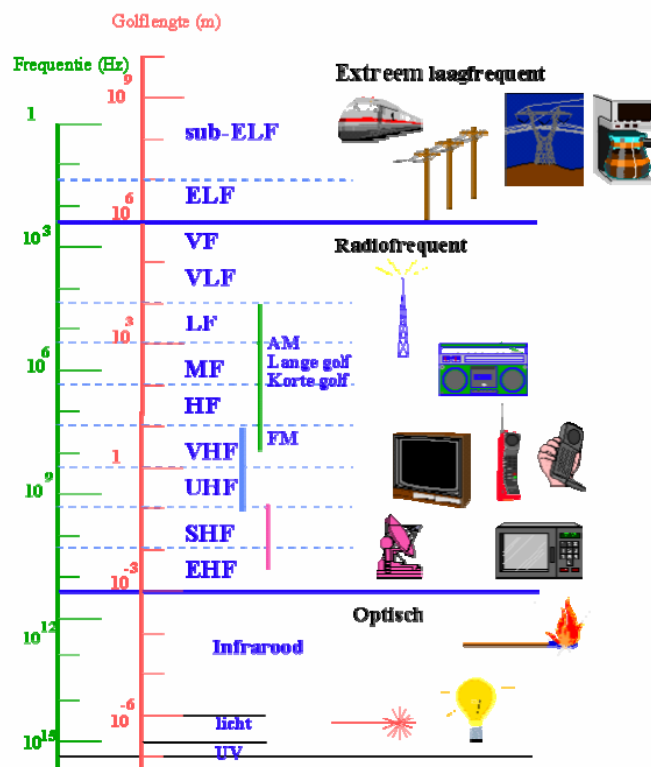
## **1.5 Meer informatie over elektromagnetische velden**

Dit rapport kan de GGD'en ondersteunen bij de advisering over elektromagnetische velden. Het is een aanvulling op bestaande informatie, zoals de GGD Richtlijn 'Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen' (Van Brederode, 2005). De richtlijn beschrijft de kennis over het (mogelijke risico van) wonen nabij hoogspanningslijnen en geeft de rol van de GGD weer. Daarnaast is het Kennisplatform Elektromagnetische Velden (EMV) een belangrijke bron van informatie. Het Kennisplatform EMV is een samenwerkingsverband tussen diverse organisaties, waaronder GGD'en. Het platform bundelt de kennis op het gebied van elektromagnetische velden en probeert eraan bij te dragen dat er meer helderheid komt in de stand van de wetenschap en de betekenis van verschillende onderzoeken.

## 2 Extreem-laagfrequente (ELF-)velden

### 2.1 Wat zijn ELF-velden?

Extreem-laagfrequente (ELF) velden zijn elektromagnetische velden met frequenties lager dan 300 à 10.000 Hz en een golflengte van meer dan 30 à 1000 km. Deze grenzen zijn niet scherp gedefinieerd. Deze velden komen voor bij alle apparatuur die met het elektriciteitsnet is verbonden. Sommige apparaten, zoals televisies, radio's en magnetrons veroorzaken daarnaast elektromagnetische velden met andere frequenties en golflengtes (zie Figuur 1). De velden bestaan uit een elektrische en een magnetische component. De elektrische component ontstaat als er een spanning aanwezig is (uitgedrukt in volt per meter). Dit veld wordt afgezwakt door bebouwing of begroeiing.



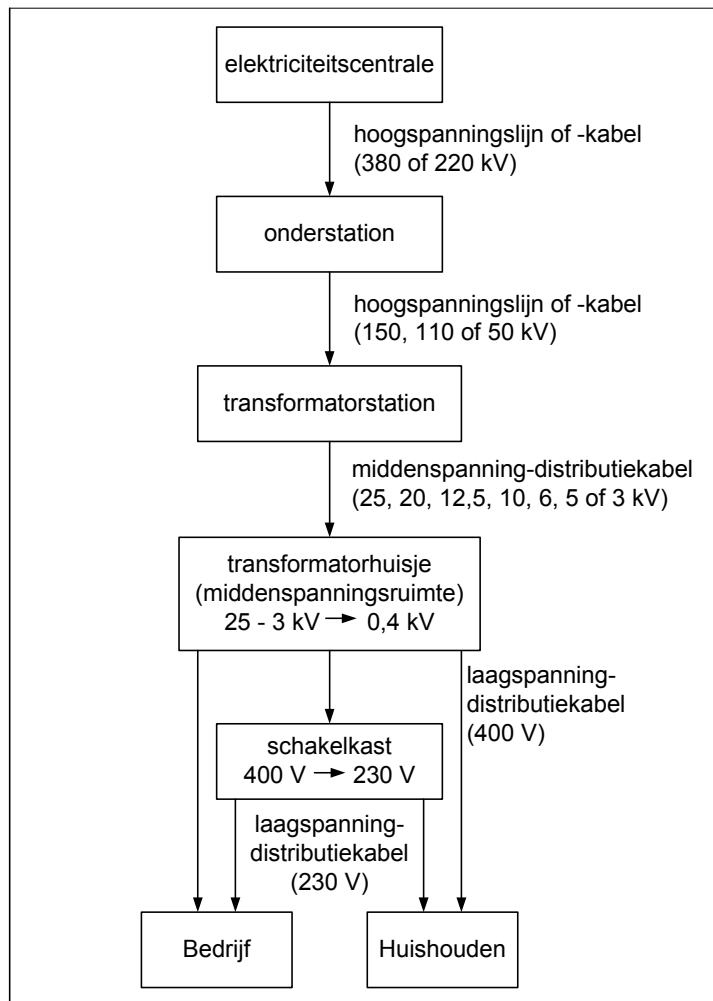
Figuur 1 Diverse bronnen van elektromagnetische velden gerangschikt langs een frequentie- en een golflengteschaal (Bron: Bolte en Pruppers, 2004).

Het magnetische veld ontstaat als ergens een elektrische stroom loopt. Het veld neemt toe met toenemende stroomsterkte (uitgedrukt in ampère) en neemt af als de afstand tot de bron groter wordt. Het magnetische veld wordt uitgedrukt in de magnetische veldsterkte (A/m) of de magnetische fluxdichtheid (tesla, afgekort met T; 1  $\mu$ T is een miljoenste tesla, ofwel 0,000001 T). Dit veld wordt niet afgeschermd door bebouwing of begroeiing.

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 ELF-velden (Bolte en Pruppers, 2004). Het transport van elektriciteit vindt plaats via verschillende stappen. Na het opwekken van de elektrische energie vindt onder hoge spanning transport plaats via bovengrondse hoogspanningslijnen of ondergrondse hoogspanningskabels. Via onderstations wordt teruggeschakeld naar lagere spanningen en/of wordt de stroom verdeeld over meerdere lijnen of kabels. In de woonomgeving wordt via een transformatorhuisje en een schakelkast uiteindelijk een spanning van 230 volt bereikt, en wordt de stroom geleverd aan de huishoudens (zie Figuur 2).



Figuur 2 Schematische weergave van het elektriciteitstransportnet.

## 2.2 (Elektro)magnetische velden en gezondheid

Internationaal epidemiologisch onderzoek wijst op een mogelijk verhoogd risico op leukemie bij kinderen in de leeftijd tot 15 jaar die in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wonen, waar het magnetische veld hoger is dan  $0,4 \mu\text{T}$  (Van der Plas et al., 2001). Hoe de blootstelling aan magnetische velden tot leukemie zou kunnen leiden, is niet bekend. Daarom is niet zeker of het magnetische veld wel de oorzaak is van het verhoogde risico of dat andere factoren in de buurt van hoogspanningslijnen kunnen verklaren waarom er een verband wordt gevonden tussen het wonen nabij bovengrondse hoogspanningslijnen waar het magnetische veld hoger is dan  $0,4 \mu\text{T}$  en het verhoogde risico op leukemie bij kinderen. Om dezelfde reden kan dus niet worden aangegeven of blootstelling

aan magnetische velden van andere bronnen tot gezondheidseffecten leidt. Deze kennis is recent samengebracht in een Kennisbericht van het kennisplatform EMV (Kennisplatform EMV, 2009a).

Onlangs is uit een eerste onderzoek in Zwitserland gebleken dat mensen die meer dan 10 jaar binnen 50 m van een hoogspanningslijn wonen, mogelijk een verhoogde kans hebben op overlijden aan de ziekte van Alzheimer. Het onderzoek geeft een aanwijzing dat er een relatie zou kunnen zijn tussen hoogspanningslijnen en de ziekte van Alzheimer; echter, het onderzoek geeft geen inzicht in de mogelijke verklaring hiervoor. In dit onderzoek is overigens alleen gekeken naar de afstand, niet naar de sterkte van het magnetische veld (Kennisplatform, 2009b; Gezondheidsraad, 2009b).

Sommige mensen schrijven gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, vermoeidheid en concentratieproblemen toe aan allerlei bronnen van elektromagnetische velden. Vaak kan geen medische oorzaak worden gevonden voor deze klachten, waardoor meestal wordt gesproken van lichamelijk onverklaarde klachten. Uit wetenschappelijke gegevens komt geen oorzakelijk verband naar voren tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en deze klachten. Dit neemt niet weg dat de klachten bestaan (Gezondheidsraad, 2009a).

Bezorgdheid over magnetische velden wordt ook regelmatig bij de GGD'en gemeld. Van de meldingen die GGD'en ontvangen over het buitenmilieu, betreft ongeveer 12 % bronnen van elektromagnetische velden, zoals GSM-masten, zendmasten en hoogspanningslijnen. Van de binnenmilieumeldingen is dat ongeveer 1 %. In 60 % van de meldingen over deze bronnen geven mensen aan zich zorgen te maken over mogelijke gezondheidseffecten. Het gaat dan dus niet om actuele gezondheidsklachten. Bij de meldingen waarin wel gezondheidsklachten bestaan die door de melder worden toegeschreven aan elektromagnetische velden, worden hoofdpijn (8 %) en moeheid (6 %) het vaakst genoemd. Deze cijfers zijn gebaseerd op de ruim 5000 meldingen die GGD'en hebben ontvangen in 2004 tot en met 2006. Ongeveer 200 daarvan gaan over elektromagnetische velden; in de registratie samengevat onder de term NIS, niet-ioniserende straling (Dusseldorp et al., 2007).

Naast de hiervoor genoemde effecten (kinderleukemie, ziekte van Alzheimer en gezondheidsklachten) kan blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden, als de sterkte van het magnetische veld maar hoog genoeg is, acute effecten zoals lichtflitsen in het oog en onwillekeurige spiersamentrekkingen veroorzaken. Dergelijke sterktes komen in de praktijk niet voor. Als de sterkte van het magnetische veld lager is dan 100  $\mu\text{T}$ , de blootstellingslimiet die de EU voor leden van de bevolking heeft aanbevolen, dan treden deze effecten niet op.



## 3 RIVM-metingen

Naast het verzamelen van meetgegevens uit bestaande rapporten en publicaties heeft het RIVM in het kader van dit project voor een aantal bronnen zelf verkennende metingen uitgevoerd. Welke bronnen dat zijn en hoe de metingen zijn uitgevoerd, is in dit hoofdstuk beschreven. Met nadruk wordt erop gewezen dat de metingen indicatief zijn. Voor wetenschappelijk goed onderbouwde metingen is uitgebreider onderzoek nodig. Dit valt buiten het kader van dit project. De resultaten van deze locatiespecifieke metingen zijn niet zonder meer met andere, op het oog vergelijkbare situaties te vergelijken.

### 3.1 Keuze te meten bronnen

In de woonomgeving bevinden zich de volgende bronnen van ELF-velden:

- bovengrondse hoogspanningslijnen (hoofdstuk 3.5);
- ondergrondse hoogspanningskabels (hoofdstuk 5);
- onderstations (deze paragraaf);
- transformatorhuisjes (hoofdstuk 6);
- laagspanningsdistributiekabels van transformatorhuisjes naar woningen/kantoren (deze paragraaf);
- elektrische apparaten in huis (hoofdstuk 7);
- bedrading in huis (deze paragraaf).

In deze rapportage wordt transport (trein, tram et cetera) als bron voor elektromagnetische velden buiten beschouwing gelaten, omdat het RIVM momenteel een onderzoeksproject uitvoert waarin onder andere de blootstelling in het openbaar vervoer wordt gemeten (Bolte, 2009; Bolte et al. , 2008).

Voor de overige bronnen is in de literatuur nagegaan in hoeverre voor de Nederlandse situatie gegevens bekend zijn over het magnetische veld dat is te verwachten. Dat geldt ook voor de vraag wat bekend is over het veld in Nederlandse woningen, dat het resultaat is van allerlei bronnen samen. De beschikbare gegevens worden per bron beschreven in de hoofdstukken 5 tot en met 8. Er wordt daarbij aangegeven waarom er binnen dit project wel of geen metingen zijn gedaan bij de betreffende bronnen. Samenvattend komt het op het volgende neer.

#### Niet meten

- o *Bovengrondse hoogspanningslijnen:* voor bovengrondse hoogspanningslijnen zijn voldoende gegevens beschikbaar. Gemodelleerde gegevens geven een beter inzicht in de te verwachten velden dan enkele metingen.
- o *Elektrische bedrading in huis:* buitenlandse onderzoeken melden sporadisch een magnetisch veld hoger dan 0,2  $\mu\text{T}$ , veroorzaakt door de bedrading (Maslanyj et al., 2007). In Nederland zijn, voor zover bekend, geen metingen gedaan specifiek gericht op bedrading. De elektrische stroom loopt door de ene draad naar een apparaat en door de andere draad (die pal naast de ene draad ligt) weer retour. Door de tegengestelde richting heffen de magnetische velden van deze stromen elkaar vrijwel op en wordt geen resulterend veld verwacht. In situaties waarin de retourdraad niet pal naast de heengaande draad ligt, bijvoorbeeld bij sommige zogenaamde hotelschakelingen, kan een resulterend veld overblijven. Dergelijke schakelingen komen voor in appartementgebouwen. Een eventueel veld afkomstig van deze bedrading, is wel zichtbaar in de metingen op plekken in woningen (zie onder).

## Beperkt meten

- *Onderstations*: TNO heeft in 2006 in Amsterdam metingen uitgevoerd bij 18 onderstations (Van der Valk, 2006). De resultaten zijn per station weergegeven op luchtfoto's. Op grond van de foto's kan geschat worden dat de waarde van 0,4  $\mu$ T meestal binnen enkele tientallen meters van de wanden van de onderstations wordt bereikt. Naast TNO heeft KEMA berekeningen uitgevoerd van de te verwachten magnetische velden rond een nieuw 50/10 kV-station in Heemstede (Koolen en Hesens, 2005). De grootste afstand tussen de wand van het station en de 0,4  $\mu$ T-contour bedraagt naar schatting 20 m. Uit een meting door het RIVM bij een 50/10 kV-station in Utrecht (zie Bijlage B, Figuur B1) bleek dat de 0,4  $\mu$ T-contour maximaal op ongeveer 5 m van de wand van het station lag, binnen het terrein van het station. Op grond van deze gegevens en het feit dat op korte afstanden van onderstations meestal geen mensen verblijven, is besloten om hieraan geen nadere metingen uit te voeren. Indien GGD'en bij een lokaal onderstation wel metingen willen uitvoeren, dan kan gebruik worden gemaakt van het meetprotocol voor transformatorhuisjes dat is bijgevoegd bij dit rapport.
- *Laagspanningsdistributiekabels*: in een transformatorhuisje wordt een spanning van 10 kV omlaag getransformeerd naar 400 V laagspanning. Omdat net buiten het transformatorhuisje de drie fasenkabels dicht tegen elkaar aan komen te liggen, zullen de velden van deze drie kabels elkaar nagenoeg uitdoven. Er zijn door het RIVM in het kader van dit project diverse pogingen gedaan om metingen aan laagspanningskabels uit te voeren. Een voorbeeld van een dergelijke meting is weergegeven in Bijlage B, Figuur B2; hieruit is geen duidelijk beeld af te leiden, behalve dat de waarde van het magnetisch veld bijna overal onder de 0,4  $\mu$ T ligt boven deze kabels. Bij de vier andere meetpogingen lag de waarde overal onder de 0,4  $\mu$ T. Op grond van deze verkennende metingen is besloten om hieraan verder geen aandacht te besteden.

## Wel meten:

- *Ondergrondse hoogspanningskabels*: er ontbreekt een gedetailleerd overzicht van de velden door ondergrondse hoogspanningskabels in Nederland. In België is wel uitgebreid onderzoek gedaan, maar deze gegevens zijn niet zonder meer naar de Nederlandse situatie te vertalen. De ondergrondse hoogspanningskabels kunnen een bron van betekenis zijn, afhankelijk van de diepte waarop de kabels in de grond liggen en ook de manier waarop de kabels ten opzichte van elkaar liggen (vooral als de fasen gescheiden van elkaar in een plat vlak liggen). De meetgegevens in dit rapport geven een indicatie van de aan te treffen velden. Een uitgebreide modellering zoals ook voor bovengrondse hoogspanningslijnen is gedaan, maar die voor Nederland niet is uitgevoerd, zal een representatiever beeld geven dan de enkele metingen die in dit rapport zijn opgenomen.
- *Transformatorhuisjes (middenspanningsruimten<sup>1</sup>)*: GGD'en krijgen veel vragen over transformatorhuisjes. Gegevens zijn sporadisch bij de netbeheerders beschikbaar en niet altijd zonder meer voor GGD'en beschikbaar.
- *Bronnen in de woning/elektrische apparaten*: De beschikbare gegevens betreffen oude technologie en zijn niet van toepassing op de Nederlandse situatie. Omdat veel typen apparaten op de markt zijn, is onderzoek hiernaar niet eenvoudig uitvoerbaar en omvangrijk.
- *Velden in woningen*: er zijn geen meetgegevens beschikbaar voor het magnetische veld in Nederlandse woningen. Daarom is er in dit project voor gekozen metingen te doen in de woningen waar ook het veld van elektrische apparaten is gemeten. Daarbij is gekozen voor plekken waar mensen veel verblijven zoals de bank in de woonkamer, de tafel in de eetkamer en het bed in de slaapkamer. Deze gegevens kunnen te zijner tijd worden aangevuld met de resultaten van het onderzoek naar de individuele blootstelling aan magnetische velden (Bolte, 2009; Bolte et al., 2008). De meetgegevens in huis geven impliciet de eventuele bijdrage aan het magnetische veld van apparaten en bedrading in huis weer. De metingen zijn allemaal

---

<sup>1</sup> Tot deze categorie behoren ook transformatorstations die hogere spanningsniveaus transformeren dan transformatorhuisjes, maar lagere spanningsniveaus dan onderstations.

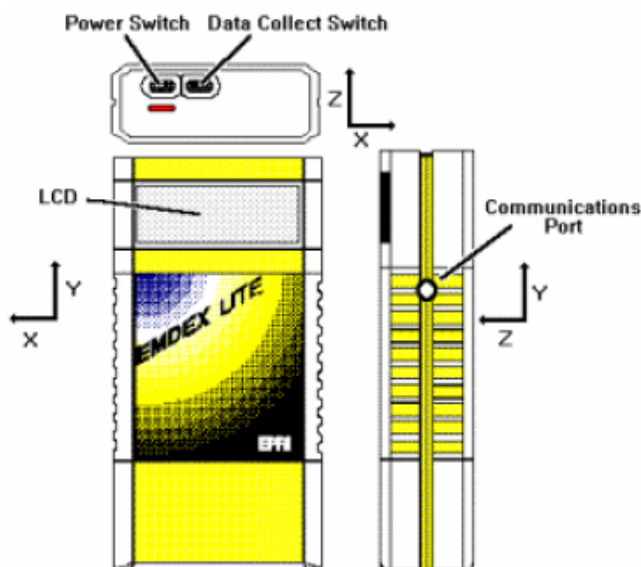
uitgevoerd in woningen die meer dan 200 m van bovengrondse hoogspanningslijnen lagen en meer dan 10 m van transformatorhuisjes.

### 3.2 Meetapparatuur en meetprotocollen

Alle metingen zijn uitgevoerd met twee EMDEX LITE Magnetic Field Meters van leverancier Eneritech Consultants (zie Figuur 3). Het meetinstrument meet de magnetische veldsterkte tussen 40 en 1000 Hz. Omdat het meetinstrument met drie loodrecht op elkaar staande spoelen is uitgerust, is de gemeten veldsterkte onafhankelijk van de oriëntatie van het meetinstrument in de ruimte. Het bereik is 0,0 tot 70  $\mu\text{T}$  (= 700 mG). Bij 50 Hz en een temperatuur van 27 °C bedraagt de meetnauwkeurigheid ongeveer 8 %. Het tempo waarmee metingen worden opgeslagen, kan worden ingesteld en is op z'n snelst elke vier seconden. Deze tijdperiode van vier seconden is in het onderzoek gehanteerd. In september 2008, voorafgaand aan de meetperiode, zijn beide meters door de leverancier geijkt.

Voor alle bronnen is een meetprotocol opgesteld (zie Bijlage H). Hierin zijn in het algemeen de volgende keuzen gemaakt:

- Voor alle bronnen is op diverse afstanden vanaf de bron gemeten tot het magnetische veld < 0,2  $\mu\text{T}$  was. Immers, indien de stroom tijdens de meting veel lager is dan jaargemiddeld, zal tijdens de meting de 0,4  $\mu\text{T}$ -contour dichterbij de bron liggen. Er moet dan tot op grotere afstanden doorgemeten worden om achteraf te kunnen bepalen op welke afstand van de bron de jaargemiddelde waarde van 0,4  $\mu\text{T}$  ligt. In de meeste gevallen was het voldoende om door te meten tot op de afstand waarop de waarde van 0,2  $\mu\text{T}$  werd bereikt.
- Per afstand van een bepaalde bron (kabel, apparaat et cetera) is twee minuten gemeten<sup>2</sup>. De metingen op een plek in huis werden gedaan gedurende een halfuur.



Figuur 3 Boven-, voor- en zijaanzicht van de EMDEX LITE.

<sup>2</sup> Voor de meetprotocollen is daar één minuut van gemaakt omdat bleek dat het magnetisch veld voor de meeste bronnen vrij constant was in die twee minuten

- Bij kabels en transformatorhuisjes is gemeten op 1 m hoogte, om de mogelijke blootstelling van een persoon die zich op die plek zou bevinden, zo goed mogelijk te benaderen.
- Voor plekken in woningen en huishoudelijke apparaten is de hoogte van de meting gekozen op basis van de plek of het apparaat. Bij een televisie is bijvoorbeeld gemeten op de hoogte waarop de televisie zich bevond.
- Per meetprotocol is een veldformulier gemaakt om de relevante gegevens te kunnen noteren. De veldformulieren zijn opgenomen in de meetprotocollen in Bijlage H.

### **3.3 Meetperiode en keuze locaties**

De metingen zijn uitgevoerd in de periode oktober 2008 tot en met februari 2009 op plaatsen in Utrecht, Zuid-Holland, Noord-Brabant, Limburg en Noord-Holland. De locaties zijn gekozen op basis van contacten met vertegenwoordigers van de lokale netbeheerders. Zij gaven aan bij welke ondergrondse kabels in hun gebied ruimte was voor de metingen. Vervolgens is in de buurt van de betreffende kabels een transformatorhuisje gezocht dat op dezelfde dag gemeten kon worden. Om een vertaling te kunnen maken naar gemiddelde waarden voor het magnetische veld, is het van belang de stroomsterkte na te kunnen vragen op het moment van de meting. Bij de metingen was daarom altijd iemand van de netbeheerder aanwezig. Voor zover mogelijk was ook een medewerker van de lokale GGD aanwezig. Het magnetische veld op plekken binnenshuis en bij huishoudelijke apparatuur werd gemeten in huizen in de regio waar ook de kabels en transformatorhuisjes werden gemeten. De metingen zijn verricht volgens de meetprotocollen die in Bijlage H in dit rapport zijn opgenomen.

Het doel van het project was om een beeld te krijgen van de ordegrrootte van magnetische velden in veelvoorkomende situaties. Er is daarom bewust gekozen om niet te meten op locaties waarover bij de GGD'en reeds vragen zijn gesteld. Wel was, zoals in paragraaf 1.2 is beschreven, een extra doel om meetprotocollen op te leveren waarmee de GGD'en in specifieke situaties aan de slag kunnen. Inmiddels zijn ook meters beschikbaar die de GGD'en in dat geval van het RIVM kunnen lenen.

Tabel 1 Overzicht uitgevoerde verkennende metingen.

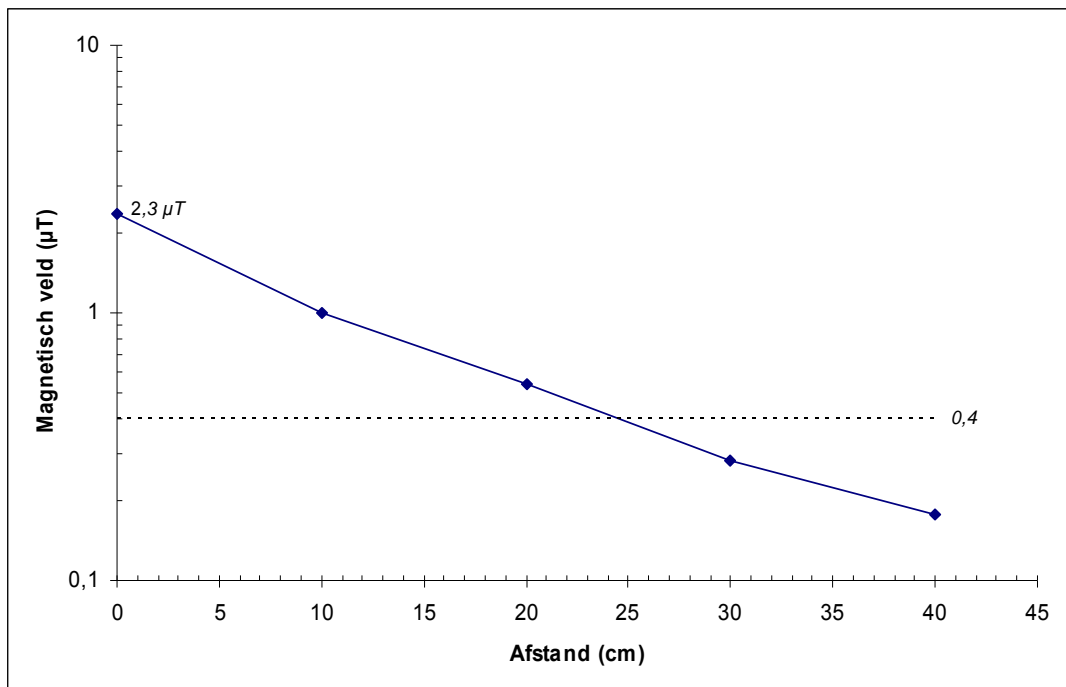
'object'	type	aantal
ondergrondse hoogspanningskabel	150 kV	4
	50 kV	1
ondergrondse middenspanningskabel	6 kV	3
ondergrondse laagspanningskabel	0,4 kV	2
transformatorhuisje	10 kV/400 V	6
plek in huis *	tafel woonkamer	7
	werkplek pc	4
	bank woonkamer	6
	keuken	4
	badkamer	3
	bed slaapkamer	6
huishoudelijke apparatuur *	televisie	7
	vaatwasser	3
	föhn	3
	koelkast	4
	laptop	1
	babyfoon	1
	stofzuiger	3
	waterkoker	3
	wekkerradio	4

\* plekken in huis en huishoudelijke apparaten gemeten in totaal negen woningen.

### 3.4 Dataverwerking

De meetgegevens zijn uitgelezen met behulp van het programma EMCALC, dat behoort bij de EMDEX LITE-meters. Vervolgens zijn de data in Excel verder bewerkt om gemiddelden te berekenen over de twee minuten die per afstand van een bepaalde bron is gemeten, of over het halfuur als het een plek in een woning betrof. Voor de metingen op diverse afstanden is het gemiddelde vervolgens uitgezet in grafieken, waarna de afstand werd afgelezen waarop de 0,4  $\mu$ T werd bereikt (zie Figuur 4 voor een voorbeeld). Deze waarde wordt, samen met het magnetische veld direct bij de bron, gepresenteerd in tabellen in dit rapport. Voor de transformatorhuisjes en ondergrondse kabels werd daartoe eerst de gemeten waarde voor het magnetische veld omgerekend naar een jaargemiddelde waarde. Zie voor details over de berekeningen de betreffende hoofdstukken (5 en 6).





Figuur 4 Voorbeeld van het aflezen van de afstanden waarop 0,4 µT wordt bereikt (meetdata van een televisie, weergegeven in logschaal).

### 3.5 Medewerking van netbeheerders

Voor het kiezen van de locaties van de te meten ondergrondse kabels en de transformatorhuisjes heeft het RIVM eerst contact opgenomen met KEMA en vervolgens met de landelijke en de drie grootste lokale netbeheerders. De medewerking van netbeheerders was nodig om enerzijds hun eigen meetgegevens voor het onderzoek beschikbaar te krijgen en anderzijds om ondersteuning te verkrijgen bij het uitvoeren van de metingen. Voor het inschatten van de jaargemiddelde situatie is het immers nodig om de stroom door de kabels tijdens uitvoering van de meting (momentane stroom) en de jaargemiddelde stroom bij de netbeheerder op te vragen. De beschikbaar gekomen meetrapporten zijn elders in dit rapport genoemd. In het hiernavolgende worden de ervaringen met het benaderen van de netbeheerders beschreven. Deze ervaringen kunnen voor GGD'en behulpzaam zijn als zij zelf netbeheerders gaan benaderen. Voor een actueel overzicht van alle netbeheerders en bijbehorende contactgegevens zie [http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht\\_netbeheerders/](http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht_netbeheerders/).

TenneT TSO BV, de beheerder van het landelijke hoogspanningsnet (220 en 380 kV) en sinds 1 januari 2008 ook van de regionale hoogspanningsnetten (110 en 150 kV) stelde voor om boven een ondergrondse 150 kV-kabel op het terrein van een 380 kV-station, dus binnen het hek, te gaan meten. Het zou dan niet nodig zijn om anderen erbij te betrekken. Bij meting 'in het vrije veld' zou ook de afdeling 'grondzaken' en mogelijk ook de grondeigenaar erbij betrokken moeten worden. Het zou in dat geval ook nodig zijn geweest om de lokale netbeheerder erbij te betrekken, vanwege de gegevens over de momentane en jaargemiddelde stromen. Uiteindelijk zijn met hulp van TenneT metingen uitgevoerd boven twee 150 kV-kabels in Dordrecht.

Stedin BV, de lokale netbeheerder in de provincies Utrecht en een groot deel van Zuid-Holland, heeft incidenteel wel gemeten binnen de stad in de buurt van 10 kV-kabels, meestal naar aanleiding van

vragen van onder andere de GGD. Boven 150 kV en 50 kV hadden ze zelf niet gemeten. Uiteindelijk is Stedin behulpzaam geweest bij het uitvoeren van metingen boven 150 en 50 kV-kabels, bij een transformatorhuisje en op het terrein van een 10 kV/400 V-onderstation in Utrecht.

Essent Netwerk BV, tegenwoordig Enexis BV, is beheerder van de netten in de provincies Limburg, Noord-Brabant, Overijssel, Drenthe en Groningen. Deze netbeheerder heeft alle tracés en gegevens digitaal beschikbaar en ook alle schakelkasten en verdeelstations, maar metingen van magnetische velden bleken alleen te zijn uitgevoerd in het kader van een geval van leukemie nabij een 10 kV-trafostation. Na overleg met de lokale GGD en een medewerker van de afdeling Asset Management te Landgraaf heeft het RIVM metingen uitgevoerd bij twee transformatorhuisjes en boven laagspanningskabels in Simpelveld.

NV Continuon Netbeheer, dat nu Liander NV heet en de netten in Gelderland, Friesland, Noord-Holland, een deel van Zuid-Holland en Flevoland beheert, doet zelf ook metingen aan magnetische velden. Deze netbeheerder heeft twee rapporten met metingen boven 50 en 150 kV-kabels beschikbaar gesteld. Het RIVM heeft in het kader van dit onderzoek gemeten in Haarlem bij een transformatorhuisje, boven een 150 kV-kabel en enkele midden- en laagspanningskabels.

Bij het benaderen van de netbeheerder is gebleken dat het best lastig is de juiste persoon te spreken te krijgen ('ik ben op zoek naar de persoon die mij iets kan vertellen over magnetische velden van ondergrondse kabels en transformatorhuisjes'). Het is voorgekomen dat de vraag eerst aan een hoger managementniveau in de organisatie moest worden voorgelegd, alvorens men medewerking kon toezeggen. In enkele gevallen is toezenden van de informatiefolder over het onderzoek (zie Bijlage I) nuttig gebleken. Alle netbeheerders waren overigens, zonder uitzondering, zeer bereidwillig in hun medewerking.



## 4 Bovengrondse hoogspanningslijnen

Hoogspanningslijnen zijn aangelegd om elektriciteit van energiecentrales naar onderstations te transporteren. In Nederland gaat dit transport voor het grootste deel (90%) via bovengrondse hoogspanningslijnen (Van der Plas et al., 2001). Het bovengrondse hoogspanningsnet in Nederland bestaat uit vijf spanningsniveaus: 380 kV, 220 kV, 150 kV, 110 kV en 50 kV.

Het net is per spanningsniveau in lijnen verdeeld. Een lijn begint en eindigt bij een onderstation. Elke lijn is weer onderverdeeld in 'rechtstanden' die beginnen en eindigen bij een hoekmast of soms bij een eindmast of een fasewisselmast (Kelfkens et al., 2002). Meestal hangen draden van hetzelfde spanningsniveau aan één hoogspanningsmast. Er bestaan ook zogenaamde combinatielijnen. Bij deze lijnen hangen geleiders van verschillende spanningsniveaus (380/220 kV, 380/150 kV, 380/110 kV of 220/110 kV) aan dezelfde hoogspanningsmast.

De trajecten van alle hoogspanningslijnen in Nederland zijn opgenomen op de netkaart (Milieuportaal 2008; <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/hoogspanningslijnen/>). Door in te zoomen op deze kaart, zijn de trajecten van de hoogspanningslijnen in meer details te zien. Bovendien kan per lijn worden opgezocht wie de netbeheerder is, en hoe groot de berekende breedte van de indicatieve magneetveldzone is. Dit is de zone waar het berekende jaargemiddelde magnetische veld hoger is dan 0,4  $\mu\text{T}$ . De breedtes van de indicatieve zone zijn geschat op basis van typische (conservatieve) waarden voor stroom en configuratie van de hoogspanningslijnen.

Voor het beleid van VROM op het gebied van hoogspanningslijnen, wordt verwezen naar Bijlage A.

### 4.1 Beschikbare gegevens

Volgens Netbeheer Nederland, sinds 1 oktober 2007 de brancheorganisatie van de regionale en landelijke netbeheerders, bedraagt het veld direct onder het laagste punt van een hoogspanningslijn (daar is de veldsterkte het hoogst) hooguit zo'n 20  $\mu\text{T}$ , zelfs wanneer de stroom door een 'zware' hoogspanningslijn maximaal is. Gemiddeld is, volgens Netbeheer Nederland, de veldsterkte op dit punt hooguit 10  $\mu\text{T}$  (Netbeheer Nederland, 2008). Op grond van gegevens over het bovengrondse netwerk in Nederland, heeft KEMA de afstanden berekend waarop het magnetische veld de waarde 0,4  $\mu\text{T}$  bereikt (zie Tabel 2). Deze afstanden zijn onder andere afhankelijk van de belasting van de lijn, de hoogte van de geleiders en het type lijn.

Tabel 2 Afstand waarop het magnetische veld een bepaalde waarde bereikt (10 - 90 percentiel): zie de tekst.

spanningsniveau (kV)	afstand contour tot de hartlijn (m)			
	0,2 $\mu\text{T}$	0,3 $\mu\text{T}$	0,4 $\mu\text{T}$	0,5 $\mu\text{T}$
combi-lijnen	120 - 340	95 - 245	80 - 200	70 - 170
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	25 - 50	20 - 45
50	35 - 60	30 - 45	25 - 40	20 - 35

## 4.2 Conclusies

Voor Nederland zijn voor de bovengrondse hoogspanningslijnen indicatieve waarden bekend van de afstanden waarop de sterkte van de magnetische velden jaargemiddeld gelijk zijn aan  $0,4 \mu\text{T}$ . De afstand van de hartlijn van de hoogspanningslijn tot de  $0,4 \mu\text{T}$ -contour bedraagt (indicatief) 40 m voor 50 kV-lijnen, 80 m voor 150 kV-lijnen (het meest voorkomende spanningsniveau in Nederland) en 125 m voor 380 kV-lijnen. Voor 220 en 380 kV-lijnen zijn inmiddels meer specifieke waarden bekend (zie de netkaart op <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/hoogspanningslijnen/netkaart/>). Voor combi-lijnen kan deze afstand groter zijn.

## 5 Ondergrondse hoogspanningskabels

Ondergrondse kabels hebben de volgende spanningsniveaus:

- hoogspanning: 380 kV, 150 kV, 220 kV, 110 kV en 50 kV; kabels van 380 kV komen nog bijna niet voor; kabels van 220 kV en 110 kV-kabels komen alleen voor in de provincies Overijssel, Drenthe, Groningen en Friesland; 50 kV-verbindingen bestaan voor het grootste deel uit (ondergrondse) kabels;
- middenspanning: 25 kV, 20 kV, 12,5 kV, 10 kV, 6 kV, 5 kV en 3 kV;
- laagspanning: 0,4 kV.

Van het hoogspanningsnet zijn de verbindingen met spanningsniveaus van 380 kV, 220 kV, 150 kV en 110 kV voor het grootste deel bovengronds uitgevoerd. De distributiekabels van het midden- en laagspanningsnet liggen geheel ondergronds en komen ook voor in woonwijken.

De hoogte van het magnetische veld bij ondergrondse kabels wordt beïnvloed door:

- de ligging van de kabels;
- de stroomsterkte door de kabels.

### *Ligging van de kabels*

De kabels kunnen op verschillende manieren in de grond liggen. Bij plaatsing in een plat vlak liggen ze meestal op een diepte van 1 of 1,5 m en de drie fasen (vormen samen één circuit) liggen op een afstand van ongeveer 1 m van elkaar. Bij plaatsing in driehoeksligging liggen twee fasen los tegen elkaar aan en de derde fase ligt erbovenop. Een derde mogelijkheid is dat de drie fasen samen in één omhulsel in een driehoek tegen elkaar liggen; men spreekt dan van een driefasenkabel. De magnetische velden zijn het hoogst bij ligging in een plat vlak.

### *Stroomsterkte door de kabels*

Een hoogspanningskabel is ontworpen om een bepaalde hoeveelheid stroom te transporteren. Dit wordt 'het belasten van de kabel' genoemd. De ontwerpbelasting of ontwerpstroom is de maximale belasting of stroom die de geleidende circuits van een hoogspanningsverbinding gedurende lange tijd kunnen doorstaan zonder dat de geleiders beschadigd raken of hun levensduur verkort wordt. Deze belasting van de kabel wordt vrijwel nooit bereikt. Belasting van een kabel boven deze belasting is onwenselijk en mag alleen kortstondig, bijvoorbeeld tijdens storingen, voorkomen. De jaargemiddelde stroomsterkte (jaargemiddelde belasting) ligt dus altijd beneden de ontwerpbelasting. Dat geldt ook voor de maximale stroomsterkte die in een jaar is voorgekomen; ook deze piek is meestal nog minder dan wat de kabel aan zou kunnen. De extra capaciteit is ingebouwd, net als bij bovengrondse hoogspanningslijnen, zodat in het geval een kabel uitvalt, een andere kabel het transport van stroom kan overnemen.

Het magnetische veld van de kabel is hoger naarmate er meer stroom door de kabel gaat. Om een jaargemiddeld magnetisch veld te kunnen bepalen, moet dus rekening worden gehouden met de belasting van de kabel op het moment van de meting ten opzichte van de gemiddelde belasting. In paragraaf 5.3 wordt dit verder uitgelegd. Daar is ook een figuur te vinden die het veld bij verschillende belastingen van de kabel illustreert.

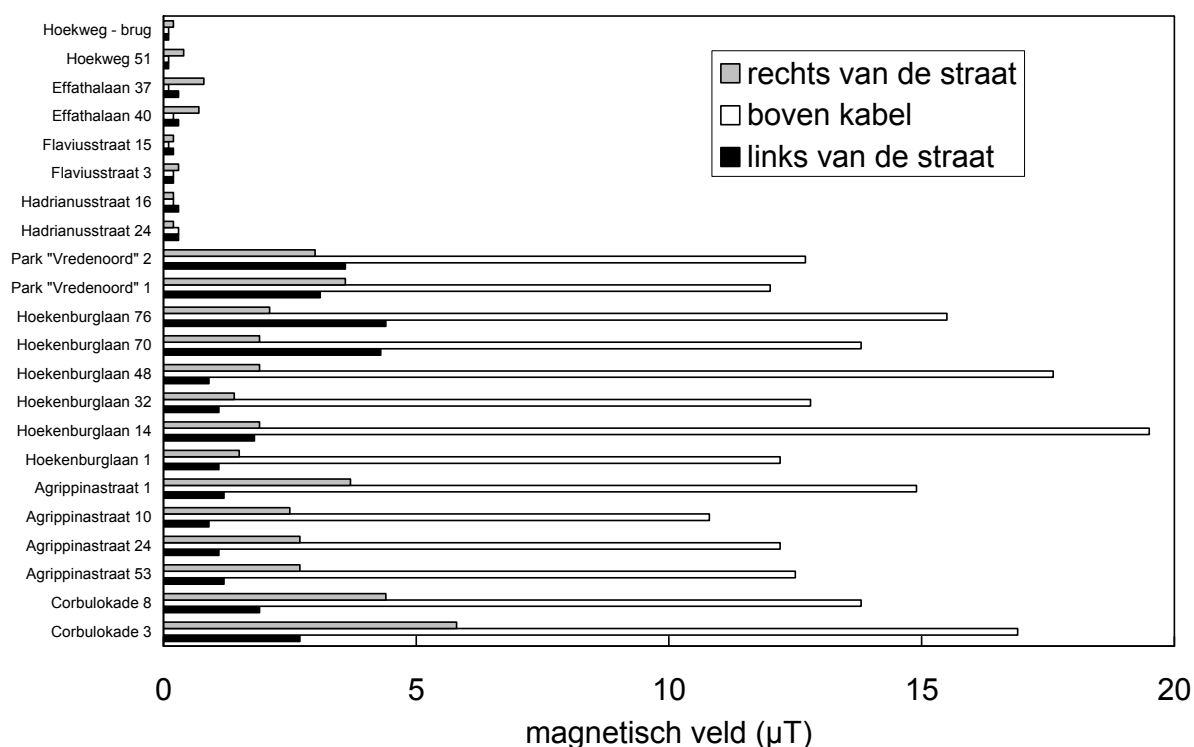
### 5.1 Beschikbare meetgegevens

Het veld direct boven een ondergrondse hoogspanningskabel is meestal hoger dan onder een vergelijkbare bovengrondse hoogspanningslijn, omdat de afstand tot de kabel kleiner is. Het veld is, zoals eerder aangegeven, afhankelijk van de stroom, de diepte, het soort kabel en de manier waarop deze in de grond is gelegd; vooral de ligging van de drie fasen ten opzichte van elkaar. Netbeheer

Nederland noemt maximale velden tussen 0,5 en 35  $\mu\text{T}$  direct boven ondergrondse kabels, gemeten op 1 m hoogte boven het maaiveld. Een gedetailleerd overzicht voor de Nederlandse situatie ontbreekt.

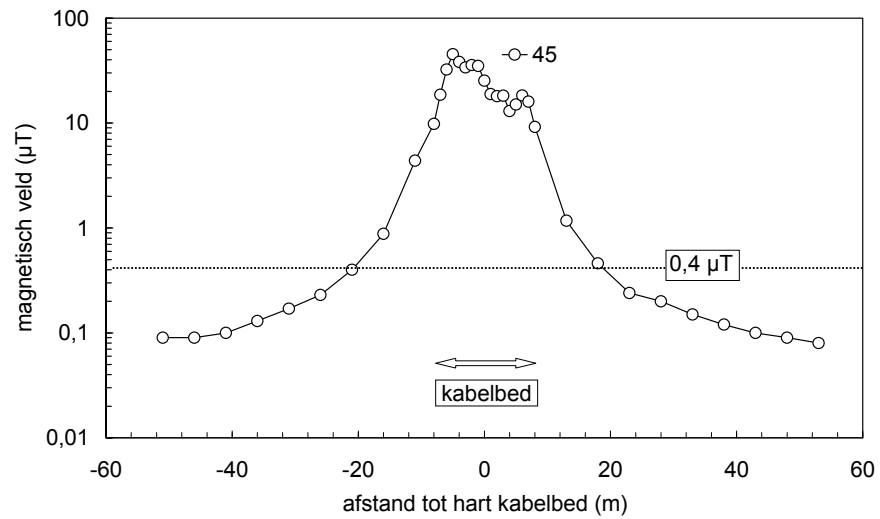
### 150 kV-kabels

Er zijn exemplarische voorbeelden van metingen aan ondergrondse kabels, soms omdat er onregelmatigheden worden geconstateerd bij metingen aan bovengrondse hoogspanningslijnen (zie onder andere Beerlage et al., 2003). In 1997 heeft Koops in acht straten in Voorburg waar zich 150 kV-kabels bevinden, metingen verricht (zie Figuur 5; Koops, 1997). Het rapport bevat geen informatie over de ligging van de kabels. Hij rekende de waarden om naar de situatie waarin de kabels tot 50 % van de maximale belasting worden belast. Het magnetische veld over alle metingen boven de kabels bedroeg gemiddeld  $14,1 \pm 2,5 \mu\text{T}$ . Links en rechts van de straat werd gemiddeld  $2,4 \pm 1,3 \mu\text{T}$  gemeten. Op de locaties zonder kabels mat hij gemiddeld  $0,3 \pm 0,2 \mu\text{T}$ .



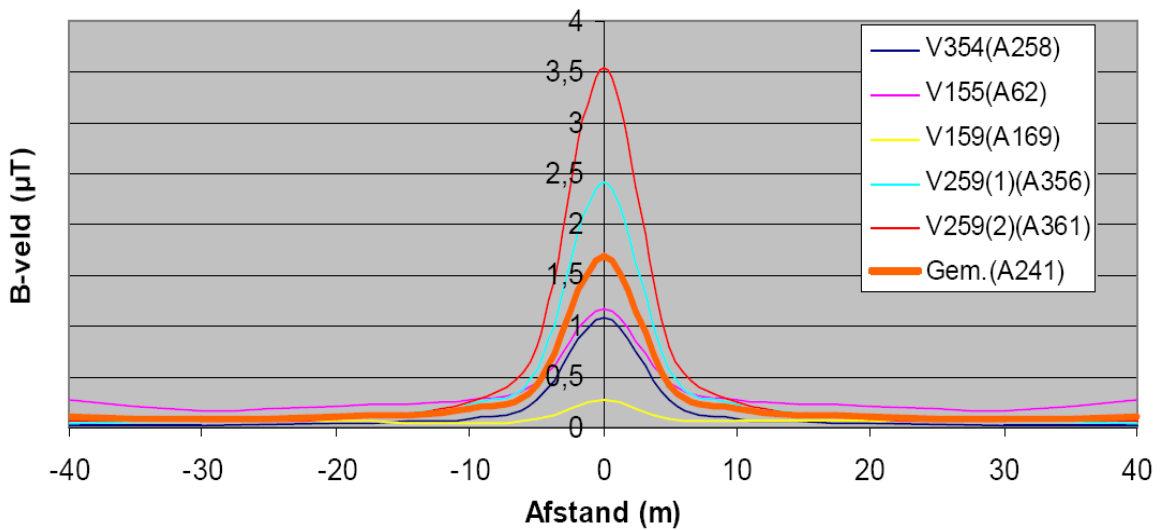
Figuur 5 Metingen van het magnetische veld in straten in Voorburg (omgerekend naar een belasting van 50 %; Koops, 1997).

In juli 2002 is door Nuon een profiel gemeten, loodrecht op een kabelbed in IJburg (zie Figuur 6; Rijken, 2002). De ondergrondse (eenfasige) kabels liggen in een plat vlak naast elkaar op 1,3 meter diepte. Het kabelbed is 16 meter breed. In dit kabelbed liggen 4 sets van 3 kabels. Het profiel loopt vanuit het hart van het kabelbed 50 meter naar het westen en 50 meter naar het oosten. Door de twee circuits (6 kabels) die ten westen vanuit het hart van het kabelbed liggen, ging tijdens de meting een stroom van ongeveer 450 A en door de twee circuits ten oosten hiervan 190 A. De kabels mogen maximaal tot 900 A (ontwerpbelasting) worden belast. In het rapport worden een waarde van 300 A (voor de vier circuits) als lage belasting en 800 A als maximale belasting genoemd. De belasting tijdens de meting kan als een gemiddelde situatie worden opgevat die vermoedelijk niet veel afwijkt van de jaargemiddelde situatie.



Figuur 6 Magnetisch veld als functie van de afstand boven vier ondergrondse 150 kV circuits (IJburg, Amsterdam; juli 2002; zie tekst).

In België is onderzoek gedaan naar de veldsterkten boven ondergrondse hoogspanningskabels (Decat et al. , 2007). De resultaten van metingen bij 150 kV-kabels zijn samengevat in Figuur 7. De 0,4 µT wordt overschreden binnen ongeveer 8 m.



Figuur 7 Magnetisch veld als functie van de afstand boven ondergrondse 150 kV-kabels in België (Bron: Figuur 14 uit Decat et al. , 2007).

*50 kV-kabels*

In februari 2005 zijn door Nuon in Haarlem metingen boven een ondergrondse 50 kV-driefasenkabel uitgevoerd (Rijken, 2005). Op maaiveldhoogte, dus niet op 1 m hoogte waarop de RIVM-metingen zijn uitgevoerd, is maximaal 0,68 µT gemeten. Op die plek bleek zich een koppeling tussen twee kabelstukken (een kabelmof) te bevinden, waar de drie geleiders (fasen) niet dicht tegen elkaar liggen. Op 1 m hoogte is het veld vermoedelijk lager dan 0,4 µT.



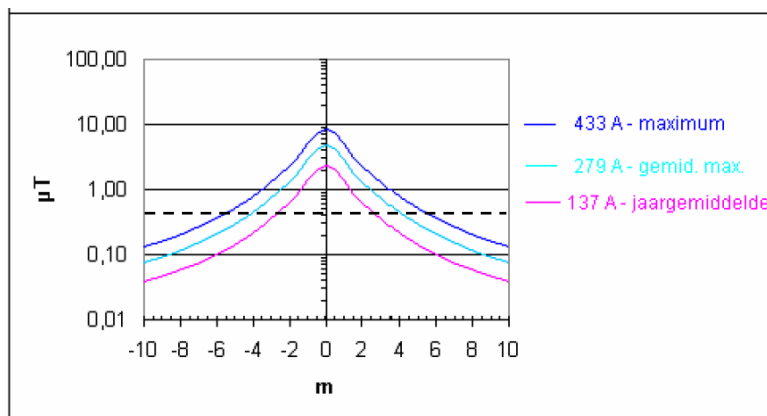
In Tabel 3 zijn de resultaten van de onderzoeken, die in deze paragraaf zijn beschreven, samengevat. De ontwerpbelasting wordt uitgedrukt in MVA, ofwel megavoltampère, een maat voor het vermogen dat volgens het ontwerp van de lijn maximaal mag worden getransporteerd. De gegevens in de tabel zijn incompleet en geven geen consistent beeld.

Tabel 3 Afstanden waarop 0,4  $\mu\text{T}$  wordt bereikt voor diverse ondergrondse kabels ((her)analyse van gegevens uit Koops, 1997; Rijken, 2002; Rijken 2005; Decat et al. , 2007).

kabel	ontwerpbelasting (vermogen) (MVA)	magnetisch veld boven de kabel ( $\mu\text{T}$ )	afstand 0,4 $\mu\text{T}$ (m)
Voorburg, 150 kV	?	14	?
IJburg, 4 circuits, 150 kV	223 per circuit	45	21
resultaten België, 150 kV	?	< 3,5	< 8
Haarlem, 50 kV	30	< 0,7	?

## 5.2 Beschikbare gemodelleerde gegevens

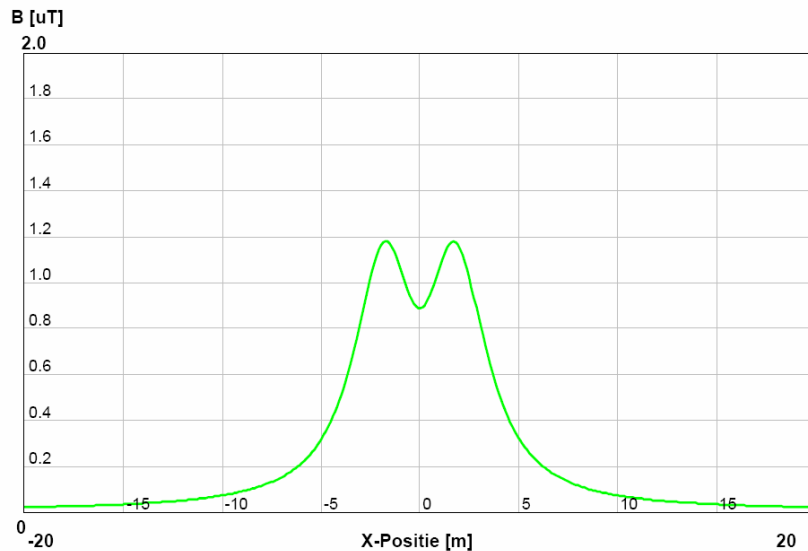
Voor het modelleren van het magnetische veld van 36 kV-, 70 kV- en 150 kV-kabels werd in België een analytisch model gebruikt dat met metingen is gevalideerd (Decat et al. , 2007). Figuur 8 geeft als illustratie de resultaten van modelberekeningen voor het Belgische 150 kV-kabelnetwerk weer.



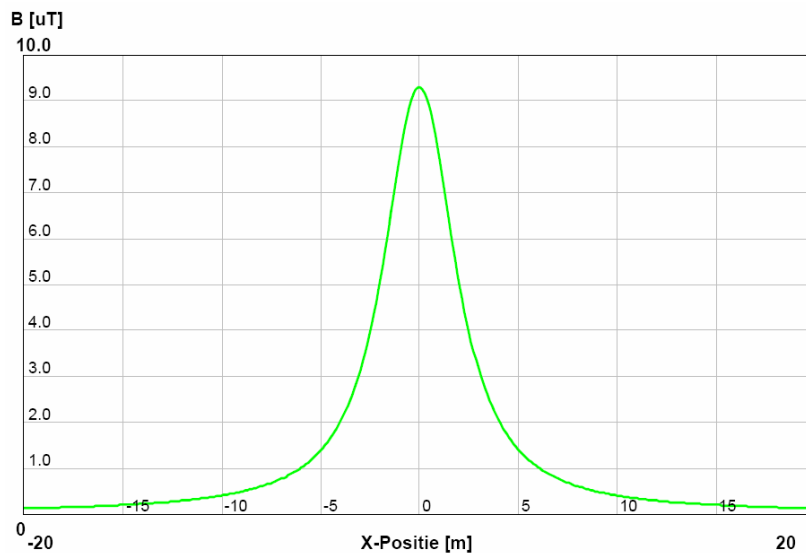
Figuur 8 Voorbeeld van gemodelleerde gegevens voor het Belgische 150 kV-kabelnetwerk (Bron: Figuur 33 uit Decat et al. , 2007).

Daarbij is het ‘maximum’ de gebruikelijke maximale stroom door de kabel. Dit is 50 % van de mogelijke maximale stroom (waarschijnlijk wordt hier de ontwerpstroom bedoeld), die nooit helemaal wordt benut omdat de kabel de functie van andere kabels moet kunnen overnemen als er ergens een defect is. Het ‘gemiddelde maximum’ is het gemiddelde van alle piekstromen die zijn opgetreden. Het ‘jaargemiddelde’ is het gemiddelde van alle stromen over een jaar. Deze maat geeft weer wat de langdurige blootstelling op de betreffende afstanden is. Uit de figuur blijkt dat voor een typische 150 kV-kabel in België de jaargemiddelde waarde van 0,4  $\mu\text{T}$  wordt bereikt op een afstand van ongeveer 3 m van het hart van het (ondergrondse) kabelbed.

In 2005 heeft KEMA berekeningen uitgevoerd van de veldsterkte als functie van de afstand tot het midden van het kabelbed voor 2 kabels van 50 kV (Figuur 9) en 14 kabels van 10 kV (Figuur 10) in de buurt van een nieuw te bouwen 50/10 kV-onderstation te Heemstede (Koolen, 2005). De jaargemiddelde waarde van  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt op een afstand van ongeveer 4 m van het hart van het kabelbed voor de 50 kV-kabels en ongeveer 10 m voor de 10 kV-kabels.



Figuur 9 Voorbeeld van gemodelleerde gegevens voor 2 kabels van 50 kV (Bron: Figuur 4 uit Koolen, 2005; jaargemiddelde stroom 400 A per kabel).



Figuur 10 Voorbeeld van gemodelleerde gegevens voor 14 kabels van 10 kV (Bron: Figuur 3 uit Koolen, 2005; jaargemiddelde stroom 285 A per kabel).

### 5.3 Dataverwerking (jaargemiddeld magnetisch veld)

Aan het begin van dit hoofdstuk is uitgelegd dat er door een kabel niet altijd dezelfde stroom loopt, en dat deze altijd lager is dan de hoeveelheid stroom waarvoor de kabel is ontworpen (ontwerpstroom). In Tabel 4 staan de begrippen nogmaals op een rij. Omdat het magnetische veld toeneemt met de stroomsterkte, is een magnetisch veld te berekenen dat zou optreden bij verschillende belastingen van de kabel. Dit is geïllustreerd aan de hand van resultaten van RIVM-metingen van een 50 kV-kabel (gescheiden fasen in een plat vlak; zie Figuur 11).

Tabel 4 Overzicht van begrippen over belasting van de kabel (in volgorde van grootte).

Ontwerpstroom	De ontwerpbelasting of ontwerpstroom is de maximale belasting of stroom die de geleidende circuits van een verbinding gedurende lange tijd kunnen doorstaan zonder dat de geleiders beschadigd raken of hun levensduur verkort wordt (de stroom waarvoor de kabel is ontworpen)
Maximale stroom	De maximale stroom die daadwerkelijk door de kabel is gegaan in een bepaalde periode (bijvoorbeeld een jaar). Deze is in de praktijk altijd lager dan de ontwerpstroom.
Jaargemiddelde stroom	De stroom die over een jaar gemiddeld door de kabel is gegaan. Bij ontbreken van gegevens over de jaargemiddelde stroom kan een schatting van 50 % van de maximale stroom (of van de ontwerpstroom) worden gebruikt.

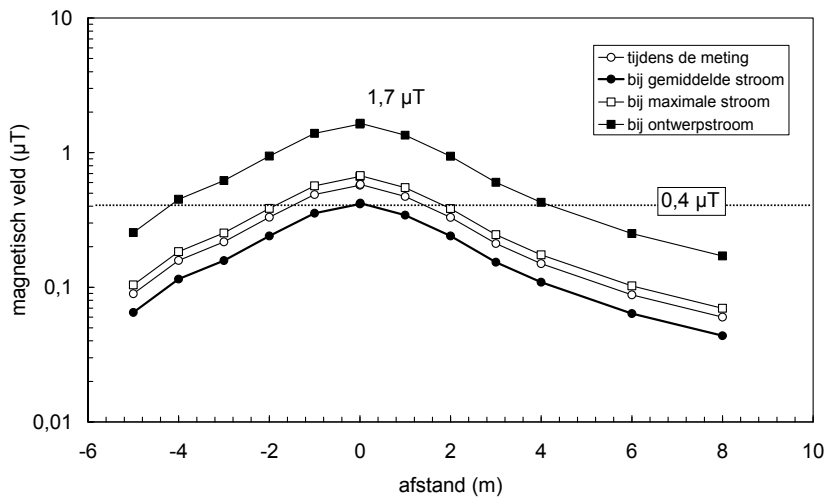
De berekening op grond van de ontwerpstroom van de kabel is een worstcaseschatting van de afstand waarop een jaargemiddeld veld van  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt. Dit jaargemiddelde zal in de praktijk niet voorkomen. De maximale stroom die bij deze kabel in 2008 was voorgekomen, veroorzaakte recht boven de kabel een veld van ongeveer  $0,7 \mu\text{T}$ , terwijl  $1,7 \mu\text{T}$  theoretisch mogelijk is. Het kan wel zijn dat de belasting van de kabel in de toekomst verandert. Daarmee veranderen ook de maximaal optredende magnetische velden en de afstand waarbinnen het gemiddelde veld hoger is dan  $0,4 \mu\text{T}$ . Het maximum zal bij deze kabel nooit hoger uitkomen dan  $1,7 \mu\text{T}$ .

De stroom op het moment van de meting kan uiteraard afwijken van de jaargemiddelde stroom. Indien niet wordt gecorrigeerd voor dit verschil, wordt het jaargemiddelde magnetische veld in dit specifieke geval overschat. Voor alle meetgegevens is daarom gecorrigeerd voor de verhouding tussen de stroom tijdens de meting ( $I_{\text{meting}}$ ) en de jaargemiddelde stroom ( $I_{\text{jaar}}$ ).

*Voorbeeld:* Voor de kabel in Figuur 11 is recht boven de kabel een veld gemeten van  $0,6 \mu\text{T}$  bij een stroom van 170 A. Jaargemiddeld is de stroom lager, namelijk 125 A. Het jaargemiddelde veld boven de kabel is dan ook lager: namelijk  $(125/170) \cdot 0,6 \mu\text{T} = 0,44 \mu\text{T}$ .

Niet alle netbeheerders hadden de gegevens over de jaargemiddelde stroom paraat. Voor vijf van de zes metingen aan kabels was dit wel het geval en kon direct de verhouding tussen de stroom tijdens de meting en de jaargemiddelde stroom bepaald worden. Bij één kabel was alleen de maximaal opgetreden stroom bekend van het voorafgaande jaar (2008). Omdat de jaargemiddelde stroom meestal ongeveer de helft van de maximale stroom bedraagt, is in dat geval de helft van de maximale stroom genomen voor de berekening van het jaargemiddelde magnetische veld.

In de meetprotocollen (zie Bijlage H) is de hierboven werkwijze stapsgewijs weergegeven.



Figuur 11 Voorbeeld van het berekenen van het magnetische veld bij verschillende belasting van de kabel (ontwerpstroom 490 A, maximale stroom in 2008 200 A, jaargemiddelde stroom in 2008 125 A en stroom tijdens de meting 170 A).

### 5.4 Resultaten RIVM-metingen

De resultaten van de RIVM-metingen zijn samengevat in Tabel 5. De afstand waarop het magnetische veld gelijk is aan 0,4 µT is afgelezen uit grafieken vergelijkbaar met Figuur 11. Deze grafieken zijn opgenomen in Bijlage C.

Tabel 5 Overzicht metingen ondergrondse kabels, omgerekend naar het jaargemiddelde magnetische veld.

kabel	type	vermogen (MVA)	magnetisch veld boven de kabel (µT)	0,4 µT (m)
Dordrecht, kabel 1	150 kV	535	22	32
Dordrecht, kabel 2	150 kV	535	27	25
Haarlem	150 kV	220	7	15
Utrecht	150 kV	208	2,7	6
Utrecht	50 kV	42	0,42	0,4
Utrecht	50 kV*	42	0,42	0,3

\* Dit is dezelfde kabel, ongeveer 100 m verderop

## **5.5 Conclusies**

In rapporten en publicaties zijn voor ondergrondse kabels slechts enkele meetgegevens over de Nederlandse situatie gevonden. Deze zijn bovendien maar beperkt op dezelfde wijze te analyseren op de manier die voor de RIVM-metgegevens is gebruikt (bepalen van afstand waarop de waarden van  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt, omrekening naar jaargemiddelde magnetische veldsterkte).

Bij de vier 150 kV-kabels waarbij het RIVM verkennende metingen heeft verricht, varieerde de afstand waarop de waarde van  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt, van enkele meters tot enkele tientallen meters. Voor de ene 50 kV-kabel die is gemeten, is een afstand gevonden van minder dan 0,5 m. Omdat het slechts één meting betreft, is niet aan te geven of dit een te verwachten waarde is bij de meeste 50 kV-kabels.

## 6 Transformatorhuisjes

De officiële term voor een transformatorhuisje is middenspanningsruimte. In een dergelijke ruimte bevinden zich transformatoren die de spanning van middenspanning (veelal 10 kV) omlaag brengen naar laagspanning (0,4 kV). In Nederland staan ongeveer 100.000 transformatorhuisjes (Dienst Toezicht Energie, 2003) met daarin één of soms enkele transformatoren. Het vermogen van transformatoren in het Nederlandse elektriciteitsdistributienet varieert van 50 tot 1600 kVA. Het vermogen wordt uitgedrukt in kVA, ofwel kilovoltampère, een maat voor het vermogen dat de transformatoren maximaal kunnen verwerken. Geschat wordt dat het vermogen van 90 % van de transformatoren kleiner is dan 1000 kVA. (Van der Stoep, 1998).

Transformatorhuisjes kunnen er verschillend uitzien. Het kan een gebouw(tje) zijn (zie Figuur 12), maar tegenwoordig wordt ook wel gebruikgemaakt van vooraf gemaakte (betonnen) omkastingen, waardoor de afmeting van het bouwsel drastisch afneemt en er geen bouwvergunning meer nodig is. Dergelijke 'compactstations' staan vaak onopvallend in wandelgebieden en zijn ideale 'klim- en zitobjecten' voor kinderen, zeker als ze lager dan 1,5 m zijn (zie Figuur 13).



Figuur 12 Voorbeeld van een transformatorhuisje.

De stroomsterkte door (de aan- en afvoerkabels van) een transformatorhuisje varieert over de dag en per seizoen. Dit wordt verder uitgelegd in paragraaf 6.3, samen met de manier om op grond van een enkele meting een jaargemiddeld magnetisch veld in te schatten.



Figuur 13 Compactstations voor transformatoren van resp. 160-630 kVA (boven), max. 630 kVA (midden, links), 800 - 1000 kVA (midden, rechts en onder, links) en maximaal 2500 kVA (onder, rechts).

## 6.1 Beschikbare meetgegevens

KEMA heeft in 1998 metingen verricht van ELF-velden rondom acht transformatorhuisjes, met transformatoren variërend van 100 tot 630 kVA (Van der Stoep, 1998). Omdat het onderzoek beperkt was tot een beperkt geografisch gebied, namelijk van één distributiebedrijf, betreft het geen representatieve gegevens. De transformatorhuisjes zijn zo gekozen dat verschillende vermogens van de transformatoren zijn vertegenwoordigd. Bij bijna alle transformatorhuisjes is de veldsterkte het hoogst langs de wand die zich het dichtst bij de transformator bevindt. De hoogste veldsterkte werd gemeten pal tegen de buitenwand van een transformatorhuisje en bedroeg  $12 \mu\text{T}$ . Bij maximale belasting van de transformatoren was de veldsterkte pal tegen de wand  $32 \mu\text{T}$ , bij een gemiddelde belasting  $24 \mu\text{T}$  en gemiddeld over de wand  $5,4 \mu\text{T}$ . De metingen zijn uitgevoerd in de zomervakantie. Hierdoor was de belasting van de meeste transformatoren relatief laag (45 % van de maximale belasting). Daarom heeft Van der Stoep de gemeten waarden omgerekend naar de maximale en gemiddelde belasting. De maximale belasting is de hoogste belasting die in de voorafgaande twee jaar (1996-1998) is voorgekomen. De gemiddelde belasting is door Van der Stoep berekend als 75 % van de maximale belasting. De veldsterkte neemt af als de afstand tot het transformatorhuisje groter wordt. Op afstanden groter dan ongeveer 0,5 m is de afname meer geleidelijk.

Het RIVM heeft (in het kader van het huidige onderzoek) de meetgegevens uit het KEMA-rapport opnieuw geanalyseerd en wel op dezelfde wijze die ook voor de RIVM-metgegevens is gebruikt (zie paragraaf 6.3). Daarbij is gekozen voor die wand van elk transformatorhuisje waar de hoogste waarden zijn gemeten. Met de gegevens over de belasting (stroom) tijdens de metingen, de maximale belasting

en de gemiddelde<sup>3</sup> belasting die in het KEMA-rapport zijn vermeld, is voor elk huisje de afstand bepaald waar de 0,4  $\mu\text{T}$  wordt bereikt: zie Tabel 6. Deze afstand varieerde van ongeveer 0,5 tot maximaal 2,5 m. Het RIVM heeft op vergelijkbare wijze de resultaten van metingen die de Natuurkundewinkel van de Universiteit Groningen in 2002 in Bocholtz heeft uitgevoerd (Van den Berg, 2002), opnieuw geanalyseerd (zie ook Tabel 6).

Joseph et al. , (2008) hebben bij acht transformatorhuisjes<sup>4</sup> in België het magnetische veld op een hoogte van 1,5 m gemeten. Er is onderscheid gemaakt naar losse transformatorhuisjes (*detached*), in gebouwen, tussen twee gebouwen en ondergrondse huisjes. Op grond van de metingen zijn afstanden bepaald waarop het veld lager dan 0,4  $\mu\text{T}$  wordt. Dit is op een afstand van ongeveer 1 tot 7 m.

Tabel 6 Afstanden waarop bij een jaargemiddelde belasting 0,4  $\mu\text{T}$  wordt bereikt voor acht transformatorhuisjes in Gelderland (heranalyse van gegevens uit Van der Stoep, 1998), één transformatorhuisje in Bocholtz (heranalyse van gegevens uit Van den Berg, 2002) en acht transformatorhuisjes in België (Joseph et al., 2008)

transformatorhuisje	vermogen (kVA)	magnetisch veld direct tegen de muur ( $\mu\text{T}$ )	0,4 $\mu\text{T}$ (m)
NUON Oost-Gelderland, nr. 4	250	4	2,6
NUON Oost-Gelderland, nr. 7	630	7	2,5
NUON Oost-Gelderland, nr. 6	800	7	2,0
NUON Oost-Gelderland, nr. 8	400	16	1,8
NUON Oost-Gelderland, nr. 5	400	6	1,5
NUON Oost-Gelderland, nr. 2	160	1,5 (10)	0,9
NUON Oost-Gelderland, nr. 1	100	3,1	0,8
NUON Oost-Gelderland, nr. 3	200	1,6	0,6
Bocholtz, Persoonsstraat	160	> 1,0	2,4
acht distributiestations in België	250 - 630	47	1 - 7

## 6.2 Beschikbare gemodelleerde gegevens

Er zijn in de beschikbare en bestudeerde rapporten en publicaties geen gemodelleerde gegevens gevonden.

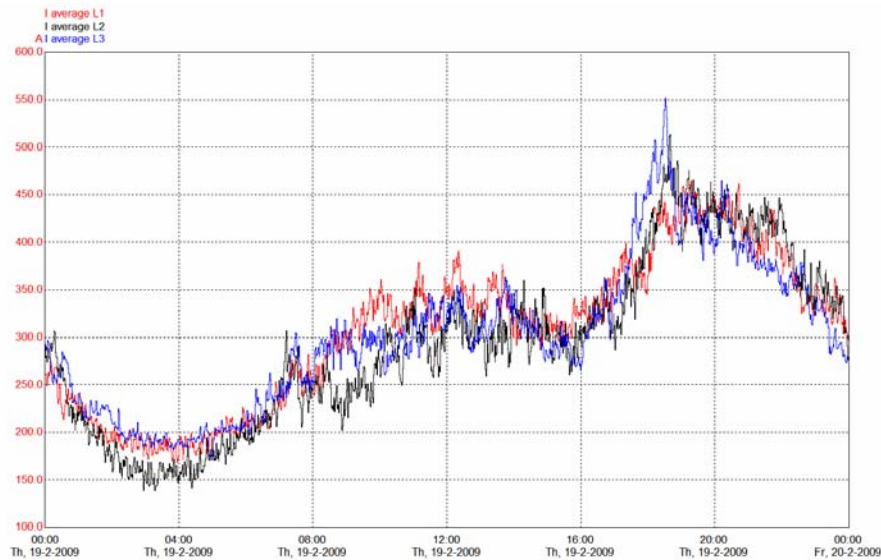
<sup>3</sup> in de heranalyse door het RIVM is de gemiddelde belasting uit het KEMA-rapport met twee derde vermenigvuldigd; een schatting van 50 % in plaats van 75 % van de maximale belasting wordt reëler geacht

<sup>4</sup> in de publicatie spreekt men van *distribution substations*, niet te verwarren met de term onderstation die in dit rapport wordt gehanteerd



## 6.3 Dataverwerking

Een transformatorhuisje levert op diverse tijdstippen van de dag een andere stroomsterkte<sup>5</sup>, afhankelijk van de energievraag van de aangesloten gebruikers. Ook per seizoen kan dit verschillen. Een transformatorhuisje dat voornamelijk woningen voorziet van stroom, is het hoogst belast in de avonduren (zie Figuur 14).



Figuur 14 Voorbeeld van de stroomsterkte in de drie fasen van de uitgaande kabels van een transformatorhuisje, gedurende een etmaal (Bron: Stedin).

Voor transformatorhuisjes waar bedrijven op zijn aangesloten, is het beeld anders. In het geval van kantoorpanden is overdag de belasting van het transformatorhuisje redelijk constant en 's nachts laag. Bij continu werkende bedrijven, of bij aansluiting van veel koelinstallaties, is de belasting over een etmaal vrij constant.

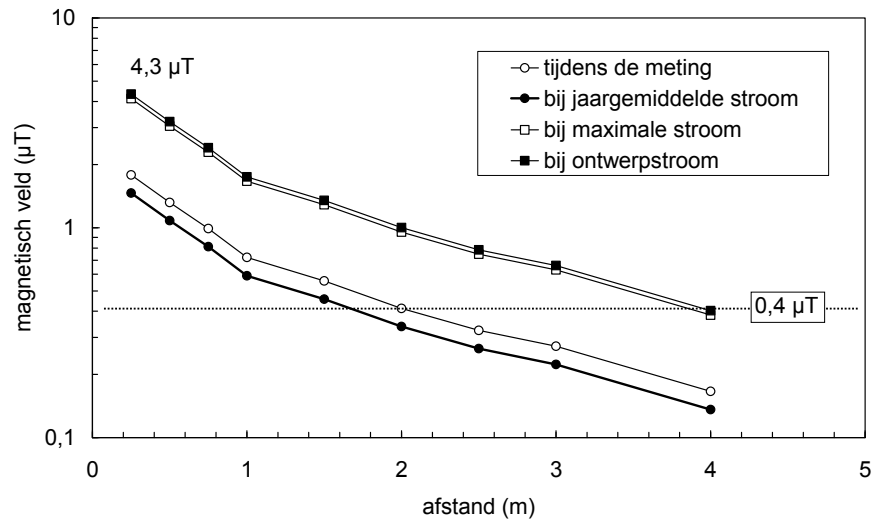
Net als bij hoogspanningskabels is de belasting van de transformatorhuisjes meestal lager dan de maximale belasting en de ontwerpbelasting (zie hoofdstuk 5). De stroom tijdens de meting kan dus afwijken van de jaargemiddelde stroom. De meetgegevens zijn daarom gecorrigeerd voor de verhouding tussen de stroom tijdens de meting ( $I_{\text{meting}}$ ) en de jaargemiddelde stroom ( $I_{\text{jaar}}$ )<sup>6</sup>. Bij de resultaten worden de aldus berekende jaargemiddelde waarden van het magnetische veld gegeven.

Een voorbeeld. Voor één van de transformatorhuisjes uit de RIVM-metingen is de ontwerpstroom 1443 A, de maximale in 2008 opgetreden stroom 1375 A, de jaargemiddelde stroom (2008) 487 A en de stroom tijdens de meting 595 A. Voor dit transformatorhuisje is direct tegen de muur een magnetisch veld gemeten van 1,8  $\mu\text{T}$  bij een stroom van 595 A. Jaargemiddeld is de stroom lager, namelijk 487 A.

<sup>5</sup> De hoogste stromen komen voor aan de laagspanningskant van de transformator

<sup>6</sup> Er zijn bij deze wijze van corrigeren kanttekeningen te plaatsen. Bij een transformatorhuisje kan er namelijk sprake zijn van bijdragen aan de veldsterkte uit verschillende bronnen (middenspanningskabel, transformator, meerdere laagspanningskabels). Deze bijdragen zijn niet allemaal op dezelfde wijze afhankelijk van de stroomsterkte aan de laagspanningskant. Daarnaast is er in het laagspanningsnet vaak nogal sprake van onbalans, dat wil zeggen dat een van de fasen zwaarder belast is dan de andere fasen.

Het jaargemiddelde veld direct bij het huisje is dan ook lager, namelijk  $(487/595) \cdot 1,8 \mu\text{T} = 1,5 \mu\text{T}$ . Als een jaar lang de ontwerpstroom zou optreden, dan zou het jaargemiddelde magnetische veld  $4,3 \mu\text{T}$  bedragen.



Figuur 15 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van het transformatorhuisje.

Voor vijf van de zes transformatorhuisjes waar het RIVM-metingen heeft verricht, was de jaargemiddelde stroom bekend of kon een schatting worden gemaakt. Voor sommige van de transformatorhuisjes hebben de netbeheerders daartoe inzicht gegeven in de stroom gedurende (minstens) een etmaal in de periode van de metingen (winter 2008/2009). Het daggemiddelde daarvan is genomen als een redelijke schatting voor het jaargemiddelde. Mogelijk dat het jaargemiddelde daardoor iets te hoog is ingeschat, omdat naar verwachting in de zomer de stroom lager is. In de meetprotocollen (zie Bijlage H) is deze werkwijze stapsgewijs weergegeven.

## 6.4 Resultaten RIVM-metingen

De resultaten van de RIVM-metingen zijn samengevat in Tabel 7. De details van de metingen zijn weergegeven in Bijlage D. Omdat bij een transformatorhuisje diverse inkomende en uitgaande kabels lopen met ieder weer een eigen magnetisch veld, is het voor de interpretatie van de metingen van belang een kaart van de situatie te hebben. Dit is weergegeven in de meetprotocollen.

Tabel 7 Magnetisch veld van diverse transformatorhuisjes, met de afstand waarop de 0,4  $\mu\text{T}$  werd bereikt (omgerekend naar jaargemiddelde schatting van de belasting).

transformatorhuisje	vermogen (kVA)	magnetisch veld direct tegen de muur ( $\mu\text{T}$ )	0,4 $\mu\text{T}$ (m)
Utrecht	?	11	4
Bilthoven, huisje 2	2000	15	3
Haarlem	1310	21	3
Bilthoven, huisje 1	1000	1,5	1,7
Simpelveld, huisje 2	400	4	1,4
Simpelveld, huisje 1	200	40	1,4

## 6.5 Conclusies

Uit de RIVM-metingen blijkt dat het magnetische veld van de zes transformatorhuisjes direct tegen de muur maximaal 1,5 tot 40  $\mu\text{T}$  bedraagt. De 0,4  $\mu\text{T}$ -contour ligt op 1,4 tot 4 m afstand. Deze waarden zijn in dezelfde orde van grootte als de verzamelde metingen die door anderen zijn uitgevoerd.

## 7 Huishoudelijke apparatuur

Het aantal elektrische apparaten dat in huishoudens wordt gebruikt, is de afgelopen decennia flink gestegen. Zo is tussen 1990 en 2004 bijvoorbeeld het bezit van een vaatwasser gestegen van 10 % naar 47 % van de Nederlandse huishoudens, het bezit van een wasdroger van 25 % naar 59 % en het bezit van een computer van 21 % naar 74 %. Ook het bezit van ‘nieuwe apparatuur’ zoals een breedbeeldtelevisie of een dvd-speler, neemt toe (MNC, 2008). Bij het gebruik van elektrische apparaten wordt een magnetisch veld opgewekt. Voor Nederland is de regelgeving voor huishoudelijke apparatuur vastgelegd in het Warenwetbesluit elektrotechnische producten. Daarin zijn aanbevelingen van de Europese Laagspanningsrichtlijn overgenomen betreffende de blootstelling aan elektromagnetische velden van gebruikers van de elektrische apparatuur (Kelfkens en Pruppers, 2005).

### 7.1 Beschikbare gegevens

In enkele onderzoeken is geprobeerd de bijdrage van huishoudelijke apparatuur aan de totale blootstelling aan (50 Hz) magnetische velden in te schatten. Daarbij is een cumulatieve dosis als blootstellingsmaat gehanteerd (magnetische veldsterkte maal de duur van de blootstelling). Uit deze onderzoeken blijkt dat circa een derde deel van de totale blootstelling voor rekening komt van huishoudelijke apparatuur (Kelfkens en Pruppers, 2005). Zowel regelmatige, kortdurende blootstelling aan apparaten met sterke velden (verouderd scheerapparaat, haardroger) als langdurige blootstelling aan apparatuur met relatief zwakke velden (elektrische wekker(radio), elektrische deken) dragen aan deze blootstelling bij.

De in de literatuur vermelde magnetische veldsterkten van huishoudelijke apparatuur zijn weergegeven in Tabel 8. Bij deze tabel moet het volgende worden opgemerkt: Kelfkens en Pruppers (2005) hebben de kwaliteit van de gegevens over de sterkte van het magnetische veld in de buurt van huishoudelijke apparatuur onderzocht. Daaruit bleek dat de gegevens meestal dateren van voor 1998. Ze doen geen recht aan de snelle technische ontwikkeling die juist op het gebied van huishoudelijke apparatuur plaatsvindt. Daarnaast komen enkele belangrijke onderzoeken met meetgegevens uit de Verenigde Staten, waar het lichtnet (110 V netspanning, 60 Hz frequentie) anders is dan in Europa. Bij eenzelfde getransporteerd vermogen is in de Verenigde Staten de stroomsterkte tweemaal zo hoog als in Europa. De gegevens zijn dus niet representatief voor de Europese situatie. De veldsterkte van apparaten in de VS is hoger: om hetzelfde nuttige vermogen te leveren bij 110 V zal stroom door een apparaat ongeveer twee keer zo hoog zijn. Dat leidt tot een sterker elektromagnetisch veld. Toch is de informatie over magnetische velden afkomstig van huishoudelijke apparatuur vanuit de overheid, in de meeste West-Europese landen gebaseerd op een Amerikaans onderzoek uit 1985. Op grond van de verouderde gegevens is het mogelijk dat er in Nederland huishoudelijke apparatuur in gebruik is die de referentieniveaus uit de EU-aanbeveling overschrijdt. Het gaat hierbij om scheerapparaat, haardroger, boormachine en stofzuiger. Uit meer recente metingen aan scheerapparaten blijkt echter dat de referentieniveaus niet worden overschreden (Kelfkens en Pruppers, 2005).

Tabel 8 Magnetische veldsterkte van huishoudelijke apparaten.

apparaat	afstand (cm)	veldsterkte ( $\mu\text{T}$ )	bron
boormachine	3	430-810	Gauger, 1985
	30	2,8-3,4	Gauger
	30	2,2-3,5	VROM, 1995*
cv-pomp	5	61,1	Preece, 1997
	50	0,51	
	100	0,10	
elektrisch mes	5	27,03	Preece
	50	0,12	
	100	0,02	
haardroger	3	6-2110	Gauger
	5	17,44	
	30	0,1-0,7	Gauger
	30	0,01-7	
	50	0,12	Preece
	50	0,01-2	Farag, 1998
100	0,02	Preece	
keukenmachine	5	12,84	Preece
	50	0,23	Preece
	50	0,3-4,5	Farag
	100	0,04	Preece
koelkast	3	0,6-1,6	Gauger
	5	0,21	Preece
	30	0,1-0,3	Gauger
	50	0,05	Preece
	50	0,02-1,5	Farag
	100	0,02	Preece
100	<0,01-0,03	VROM	
koffiezetapparaat	3	2-27	Gauger
	5	0,57	Preece
	30	0,08-0,13	Gauger
	30	0,04-0,08	VROM
	50	0,06	Preece
	50	0,05-0,15	Farag
100	0,02	Preece	
mixer	3	47-670	Gauger
	5	69,9	Preece
	30	0,5-10,6	Gauger
	30	0,5-10	VROM
	50	0,69	Preece
	50	0,2-1,0	Farag
100	0,11	Preece	
scheerapparaat <sup>1</sup>	3	16-1560	Gauger
	5	165	Preece
	30	0,1-8,9	Gauger
	50	0,84	Preece
	50	0,04-3,0	Farag
	100	0,12	Preece
	<3	15-1500	VROM
op apparaat	<1	Philips, 2004	
stereotoren	5	1,56	Preece
	50	0,08	
	100	0,02	
stofzuiger	3	210-840	Gauger
	5	39,5	Preece
	30	2,0-14,5	Gauger
	50	0,78	Preece

apparaat	afstand (cm)	veldsterkte ( $\mu\text{T}$ )	bron
	50 100 100	0,65-10 0,16 0,07-1,2	Farag Preece VROM
strijkijzer	3 5 30 30 50 50 100	8,6-31 1,84 0,12-0,33 0,06-0,15 0,03 0,06-0,3 0,01	Gauger Preece Gauger VROM Preece Farag Preece
televisie	3 5 30 50 50 100 100	2,4-53 2,69 0,04-1,9 0,26 0,04-1,5 0,07 0,07-0,13	Gauger Preece Gauger Preece Farag Preece VROM
vaatwasmachine	3 5 30 50 50 100 100	3,6-21 5,93 0,6-2,6 0,8 0,25-1,5 0,23 0,05-0,2	Gauger Preece Gauger Preece Farag Preece VROM
ventilator	3 5 30 50 50 100 100	1,8-31 0,2 0,03-3,4 0,5 0,02-3,0 0,08 <0,01-0,25	Gauger Preece Gauger Preece Farag Preece VROM
video	5 50 100	0,57 0,06 0,02	Preece
wasdroger	3 30 100	0,3-7,8 0,08-0,27 0,02-0,04	Gauger VROM
wasmachine	3 5 30 50 50 100 100	0,8-40 7,73 0,15-2,7 0,96 0,05-0,3 0,27 0,01-0,1	Gauger Preece Gauger Preece Farag Preece VROM
wekkerradio	5 4 (met motor) 10 (met motor) 10 (zonder motor) 50 50 100	5,0 0,74 1,8 0,3 0,04 0,02-1,0 0,01	Preece Behrens, 2004 Kaune, 2002 Kaune, 2002 Preece Farag Farag
cirkelzaag	30	0,09-25	VROM
broodrooster	30	0,03-3,5	VROM
elektrische oven	100	<0,01-0,02	VROM
tl-bureaulamp	30	0,55-2	VROM
elektrische deken <sup>2</sup>	10 op de deken opwarmstand	0,5-2,5 2,2 1,3-2,3	VROM Hatch, 1998 Verschaeve, 2004

apparaat	afstand (cm)	veldsterkte ( $\mu\text{T}$ )	bron
	doorslaapstand tijdgewogen gemiddelde nacht op deken	0,6  0,1-2 enkele 10-den tot enkele 10-tallen	Verschaeve  Lee, 2000  Florig, 1990
pc-scherm	30 30	<0,2 0,28	TenneT, 2004 VROM
waterbed	op bed?	0,04	Verschaeve, 2004
blikopener	30	3,5-25	VROM
magnetron	50	1,1-3	VROM
fornuis	50	0,05-45	VROM
tl-verlichting	2	<0,01-0,01	VROM
ventilatorkachel	1	0,01-0,18	VROM

<sup>1</sup> Waarschijnlijk verouderde technologie.

<sup>2</sup> De magnetische veldsterkte van elektrische dekens kan oplopen tot 30  $\mu\text{T}$  (Kirchner, 1995); er bestaan zogenaamde 'zwakstroomdekens' (12 V) en 'sterkstroomdekens' (230 V); zwakstroomdekens werken bij lage spanning, waardoor de stroom en dus ook het magnetische veld hoger is dan bij sterkstroomdekens. (Bronnen: gegevens VROM 1995 komen uit rapport Gezondheidsraad (1992), zijn berekend uit gegevens van Gauger (1985) en hebben betrekking op 50 Hz, 220V. Er is onderscheid gemaakt tussen apparaten die in het algemeen minder dan 15 minuten, tussen 15 minuten en een uur en langer dan een uur per dag worden gebruikt. Gegevens Preece, Gauger, Farag zijn overgenomen uit tabel 4, RIVM-rapport Extreem laag-frequente electromagnetische velden van huishoudelijke apparatuur (Kelfkens en Pruppers, 2005).

## 7.2 Onderbouwing reden voor metingen

Een betrouwbaar en actueel overzicht van magnetische (50 Hz) velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur zoals die in Nederland wordt gebruikt, ontbreekt.

De informatie van de overheid en daaraan verbonden organisaties over magnetische velden in de buurt van huishoudelijke apparatuur in Nederland (en België en Duitsland) is gebaseerd op Amerikaanse gegevens van twintig jaar oud en passen niet bij de Europese situatie. Er is weinig onderzoek gedaan naar de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen van 50 Hz magnetische velden (apparatuur, bedrading, hoogspanningskabels, vervoer) aan de cumulatieve blootstelling van personen. Bovendien zijn de resultaten van de onderzoeken door verschillen in aanpak niet goed vergelijkbaar. De beste schatting voor de bijdrage afkomstig van huishoudelijke apparatuur, is dat deze circa een derde deel van de totale blootstelling voor hun rekening nemen. Zowel regelmatige, kortdurende blootstelling aan apparatuur met sterke magnetische velden (verouderd scheerapparaat, haardroger) als langdurige blootstelling aan apparatuur met relatief zwakke velden (elektrische wekker, elektrische deken) dragen substantieel bij.

Het RIVM heeft metingen uitgevoerd voor apparaten die:

- veel gebruikt worden in Nederlandse huishoudens;
- mogelijk een hoog magnetisch veld veroorzaken op een relevante afstand (ten opzichte van andere apparaten). Met relevante afstand wordt bedoeld de afstand waar de gebruiker zich normaliter bevindt.

Indien aanwezig werden vijf van de volgende apparaten gekozen, waarbij is gepoogd om van elk apparaat in elk geval in drie verschillende woningen een meting te verrichten:

stofzuiger	computer	koelkast
haarföhn	televisie	waterkoker
elektrische wekkerradio	babyfoon	vaatwasser

### 7.3 Resultaten RIVM-metingen

Het veld direct bij de verschillende huishoudelijke apparaten verschilde van kleiner dan 0,4  $\mu$ T (bij de meeste koelkasten en lcd-televisies) tot > 70  $\mu$ T. De afstand waarop 0,4  $\mu$ T werd bereikt, was bij het hoogste veld (van een stofzuiger) ongeveer 70 cm (zie Tabel 9).

Tabel 9 Magnetisch veld van diverse huishoudelijke apparatuur, met de afstand waarop 0,4  $\mu$ T werd bereikt (gemiddelde over de apparaten).

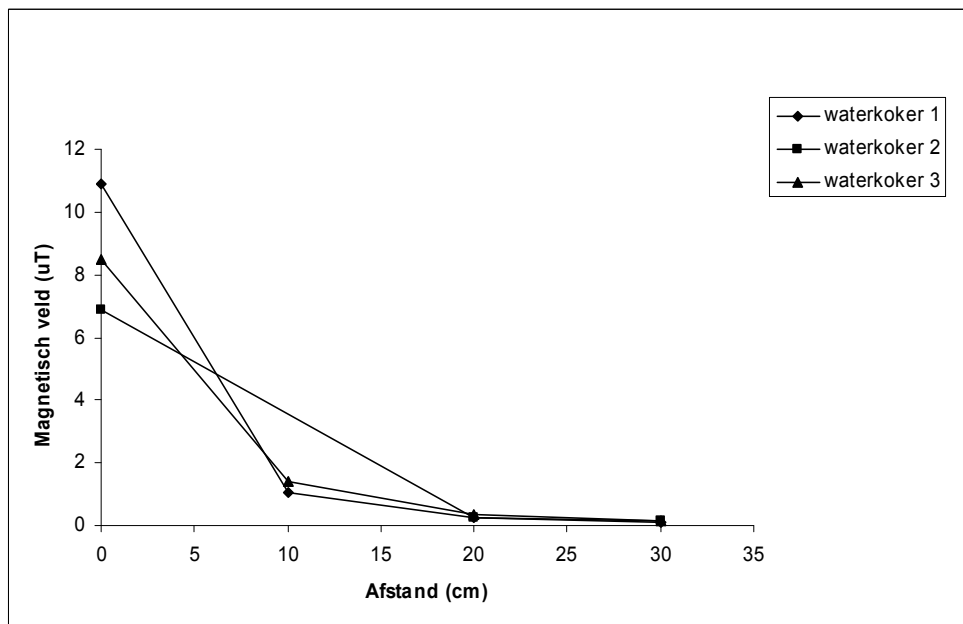
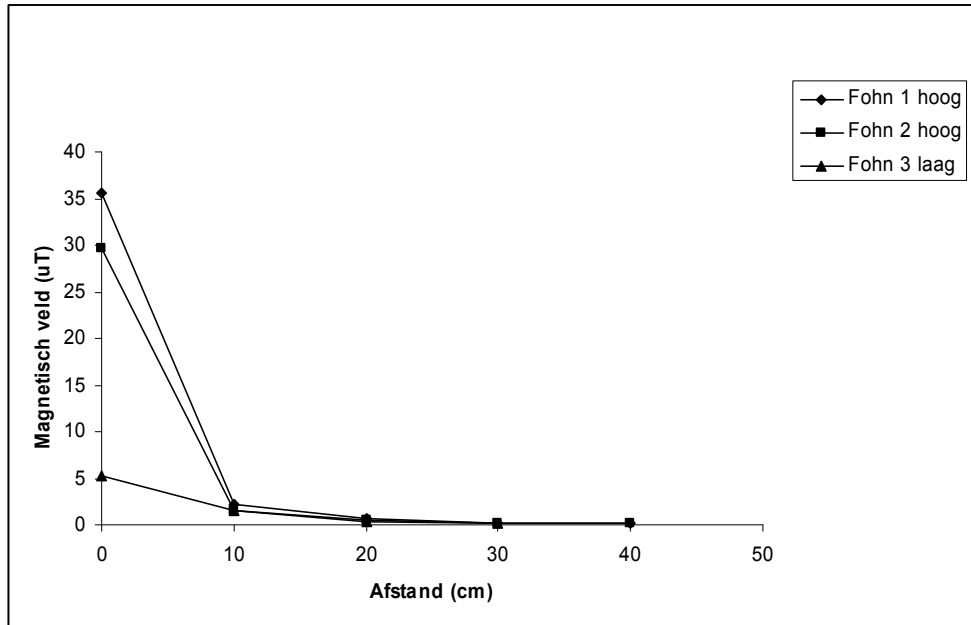
apparaat	aantal	veld bij apparaat ( $\mu$ T)	0,4 $\mu$ T (cm)
babyfoon	1	< 0,4	nvt
föhn (hoogste stand)	2	10-36	24
föhn (laagste stand)	1	5	20
koelkast <sup>1</sup>	4	< 0,4-1	nvt
laptop	1	1	3
oven	1	3,3	61
stofzuiger (grond)	3	> 70	70
stofzuiger (1 m hoogte)	1	< 0,4	nvt
televisie, beeldbuis <sup>2</sup>	5	1-9	32
televisie, lcd	2	<0,4	nvt
waterkoker	3	7-11	18
wekkerradio, hoge kant	3	34-60	24
wekkerradio, lage kant	2	2-10	17

<sup>1</sup> Bij de koelkasten is niet aan de achterkant gemeten, daar is het veld mogelijk hoger.

<sup>2</sup> Bij drie televisies is het magnetisch veld gemeten in de standby-stand; dit varieerde van ongeveer 0,25 tot 0,5  $\mu$ T.

In Figuur 16 is een voorbeeld gegeven van het verloop van het magnetische veld bij de drie waterkokers en de drie föhns waarbij het magnetische veld is gemeten. De overige apparaten zijn terug te vinden in Bijlage F, waar ze worden afgezet tegen de waarden in de literatuur.



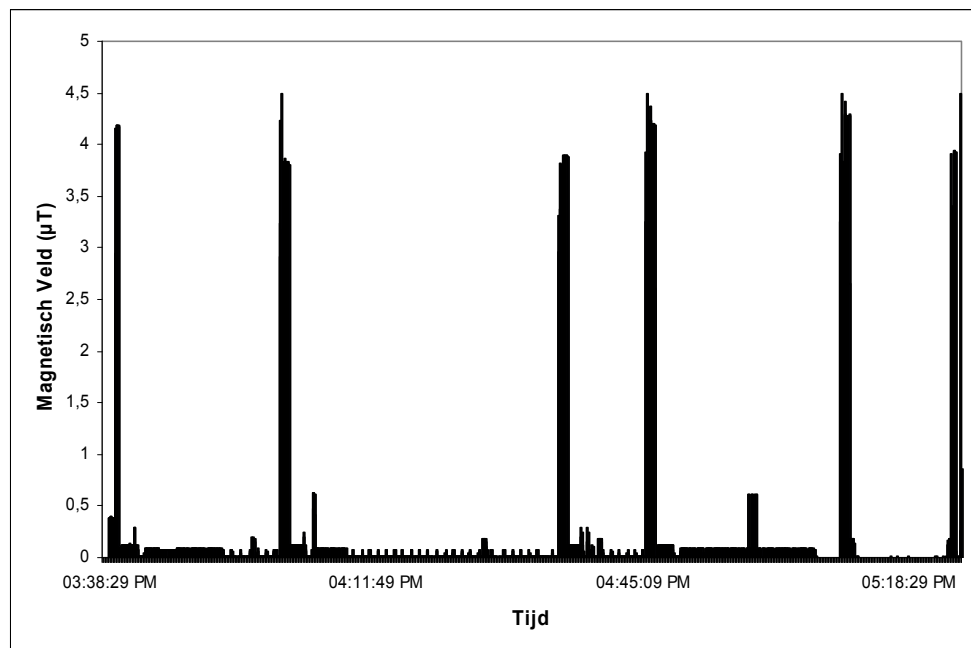


Figuur 16 Verloop van het magnetische veld bij de föhns (boven) en waterkokers (onder) in dit onderzoek. Voor het aflezen van de  $0,4 \mu\text{T}$  is gebruikgemaakt van een log-schaal, zie Figuur 4.

Voor de meeste apparaten was het veld constant in de tijd. Voor apparaten die een verschillend vermogen leveren op verschillende tijdstippen, is dat uiteraard niet het geval. Een voorbeeld daarvan is de vaatwasser. Daarom is voor een aantal vaatwassers het magnetische veld gemeten op kleine afstand van de vaatwasser, gedurende de complete doorlooptijd van het vaatwasprogramma (zie Tabel 10).

Tabel 10 Gemiddeld magnetisch veld tijdens de doorloop van een volledig programma van drie verschillende vaatwassers.

plaats	magnetisch veld ( $\mu\text{T}$ )				duur (minuten)
	gemiddeld	SD	min	max	
10 cm van de deur	0,26	0,85	0	4,5	108
5 cm van de deur	0,41	0,31	0,04	1,25	117
op de vaatwasser	0,67	0,55	0,05	2,7	70



Figuur 17 Voorbeeld van het verloop van het magnetische veld gedurende een compleet vaatwasprogramma, op ongeveer 10 cm afstand van de vaatwasser.

Wanneer de bijdrage van deze apparaten aan een jaargemiddelde blootstelling zou moeten worden bepaald, dient rekening gehouden te worden met de afstand waarop men zich normaal van het apparaat bevindt, en de duur dat men het apparaat gebruikt. Inschattingen hiervan zijn te vinden in de GGD-richtlijn (Van Brederode, 2005).

Enkele voorbeelden:

- Beeldbuis televisies hebben over het algemeen na ongeveer 30 cm vanaf het scherm geen veld meer boven 0,4  $\mu\text{T}$ . Ervan uitgaande dat iemand niet zo dicht bij de televisie zit, is de verwachting dat televisiekijken geen grote bijdrage aan de jaargemiddelde blootstelling heeft.
- Wekkerradio's kunnen tot 20-30 cm nog een veld van 0,4  $\mu\text{T}$  hebben, een afstand die relevant kan zijn wanneer de wekker op een nachtkastje naast het hoofdkussen staat. Uitgaande van een gemiddelde slaapduur van acht uur per nacht, brengt men dus een derde van de tijd door vlak bij de wekkerradio. De bijdrage aan de jaargemiddelde blootstelling is dan  $0,33 * 0,4 = 0,13 \mu\text{T}$ .

In formulevorm is dit als volgt samen te vatten:

$$B_{\text{jaargem}} = B_{\text{ga}} * T_{\text{ga}}/T_{\text{jaar}},$$

waarin

- $B_{\text{jaargem}}$  = jaargemiddelde blootstelling als gevolg van het apparaat
- $B_{\text{ga}}$  = veldsterkte op gebruiksafstand ( $g_a$ ) van het apparaat
- $T_{\text{ga}}$  = tijd die men gedurende het jaar op gebruiksafstand van het apparaat verblijft
- $T_{\text{jaar}}$  = tijd van een jaar in dezelfde eenheid als  $T_{\text{ga}}$  (dagen, uren, minuten)

## 7.4 Conclusies

Bij de apparaten in onze dataset is het magnetische veld dat zij veroorzaken, na ongeveer 3 cm tot 70 cm onder de  $0,4 \mu\text{T}$  gedaald. Van de gemeten apparaten hadden de babyfoon ( $n=1$ ) en de lcd-tv (aan de beeldkant) direct bij het apparaat geen veld hoger dan  $0,4 \mu\text{T}$ . Voor de koelkasten gold dat ook in drie van de vier gevallen. De stofzuiger veroorzaakte van de door ons gemeten apparaten het hoogste veld (direct bij de stofzuiger tot boven het maximale meetbereik van het meetapparaat;  $70 \mu\text{T}$ ).

Vergeleken met waarden uit de literatuur zitten de metingen bij de televisies ongeveer op de waarden die door Preece worden genoemd (zie Bijlage F). Binnen de ranges die door Gauger (en VROM) worden genoemd, zitten onze metingen zowel flink onder de daar genoemde maximale waarden, als flink boven de genoemde minimale waarden (beide factor 5-10). De door ons gemeten stofzuigers zitten aan de onderkant van de range uit de literatuur. Voor de wekkerradio's is zowel in de literatuur als in onze data te zien dat er behoorlijke variëteit zit in het magnetische veld dat zij veroorzaken.

## 8 Magnetisch veld op plekken in de woning

### 8.1 Beschikbare gegevens

Op basis van metingen in woningen werd voor Groot-Brittannië (UK, 1999) en Duitsland (Michaelis et al. , 1998) geschat dat circa 2 % van de populatie woont in woningen met een magnetisch veld groter dan  $0,2 \mu\text{T}$ . In deze onderzoeken werd echter ook aangetoond dat in woningen waar een gemiddelde veldsterkte boven  $0,4 \mu\text{T}$  werd gemeten, dit slechts voor 25-30 % van de woningen is toe te schrijven aan een externe bron, zoals een hoogspanningskabel (Schüz et al. , 2001; UKCCS, 2000).

Een onderzoek in Frankrijk in de zomer van 1993 wees uit dat het magnetische veld in 50 % van de woningen kleiner was dan  $0,01 \mu\text{T}$  (tijdgewogen gemiddelde). Het onderzoek betrof 180 random gekozen woningen en de metingen werden gedaan gedurende 24 uur in de (ouderlijke) slaapkamer. Het type woning, een stedelijke of landelijke omgeving en de configuratie van de bovengrondse elektriciteitslijnen (*wiring code*) hadden invloed op de hoogte van het magnetische veld (Clinard et al. , 1999).

In een Belgisch onderzoek is de individuele blootstelling aan het magnetische veld binnenshuis gemeten. Gebaseerd op 77 metingen werd geconcludeerd dat de mediane blootstelling van een kind binnenshuis  $0,04 \mu\text{T}$  is (Decat et al. , 2008). Deze metingen zijn niet terug te voeren op bepaalde plekken in woningen. Dat geldt ook voor gegevens uit Noorwegen waar uit metingen bij 97 personen naar voren kwam dat de blootstelling van mensen binnenshuis (verder dan 100 m van een hoogspanningslijn) gemiddeld  $0,05 \mu\text{T}$  was. In woningen waar binnen een afstand van 50 m een 220kV-hoogspanningslijn aanwezig was, bedroeg deze blootstelling  $0,47 \mu\text{T}$  (Förssen et al. , 2002).

Door verschillen tussen landen in netspanning, gebruikte apparaten en aanleg van electriciteit, zijn deze gegevens niet direct te vertalen naar de Nederlandse situatie. Gegevens over de individuele blootstelling in Nederland komen in 2010 beschikbaar (zie paragraaf 1.4).

### 8.2 Resultaten RIVM-metingen

Geen van de negen woningen lagen binnen 200 m van een bovengrondse hoogspanningslijn of binnen 10 m van een transformatorhuisje. Het is daarmee niet aannemelijk dat het magnetische veld in deze woningen beïnvloed is door externe bronnen. Gemiddeld over de woningen was het magnetische veld ongeveer  $0,06 \mu\text{T}$ . De range van de gemiddelden per woning was  $0,01$  tot  $0,1 \mu\text{T}$  (zie Tabel 11). Dit gaat om plekken waar mensen zich veel bevinden, zoals op de bank en aan tafel. De variaties over de tijd zijn niet heel groot.

Tabel 11 Magnetische velden op diverse plekken in de negen woningen (gemiddelde van een halfuur); zie Bijlage G voor de volledige data.

woning	type woning	magnetisch veld ( $\mu\text{T}$ )	aantal plekken per woning
1	rijtjeshuis	0,08	4 (slaapkamer, keuken, eettafel, bank)
2	twee-onder-een-kap	0,04	4 (slaapkamer, eettafel, bank, werkplek pc)
3	vrijstaand	0,01	3 (keuken, bank, badkamer)
4	vrijstaand	0,01	1 (slaapkamer)
5	rijtjeshuis	0,10	6 (slaapkamer, keuken, eettafel, bank, werkplek pc, badkamer)
6	flat (2e)	0,03	3 (slaapkamer, eettafel, bank)
7	twee-onder-een-kap	0,06	1 (eettafel)
8	rijtjeshuis	0,08	2 (eettafel, werkplek pc)
9	hoekwoning	0,08	6 (slaapkamer, keuken, eettafel, bank, werkplek pc, badkamer)

### 8.3 Conclusies

Er zijn in de literatuur geen gegevens gevonden over het magnetische veld in Nederlandse woningen. Wij vonden in negen woningen, die niet minder dan 200 m van een hoogspanningslijn of minder dan 10 m van een transformatorhuisje lagen, een gemiddeld veld van 0,06  $\mu\text{T}$  (range: 0,01-0,1  $\mu\text{T}$ ). Dit komt overeen met waarden in de buitenlandse literatuur.

## Literatuur

Beerlage MAM, Bruil R, Scholten RDA. Onderzoek naar verplaatsing van de 150 kV-hoogspanningslijn in de Gemeente Veenendaal. KEMA T&D Consulting / KEMA Power Generation & Sustainables, Arnhem, november 2003.

Behrens, T, Terschuren, C, Kaune, WT, Hoffmann, W. Quantification of lifetime accumulated elf-emf exposure from household appliances in the context of a retrospective epidemiological case-control study. *Journal-of-Exposure-Analysis-and-Environmental-Epidemiology*. vol 14 (2):144-153,2004.

Bolte JFB en Pruppers MJM. Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden - Probleemanalyse niet-ioniserende straling. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 861020007, 2004.

Bolte JFB, Pruppers MJM, Kamer J, Van der Zande G, Schipper CMA, Fleurke SR, Kluwer T, Van Kamp I, Kromhout J. The Dutch Exposimeter Study: Developing an Activity Exposure Matrix. *Epidemiology*. ISEE 2008 Conference (ISEE 20th Annual Conference, Pasadena, California, October 12-16, 2008) Abstracts Supplement. 19(6) Supplement:S78-S79, November 2008.

Bolte JFB. The Dutch personal EMF exposure study: measurements during everyday activities combined with GPS to build an Activity Exposure Matrix (EMF-AEM). *BioEM 2009*, Davos, Switzerland, 14-19 June 2009.

Brederode NE van. GGD Richtlijn Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen. LCM, 2005.

Clinard F, Milan C, Harb M, Carli PM, Bonithon-Kopp C, Moutet JP, Faivre J, Hillon P. Residential Magnetic Field Measurements in France: Comparison of Indoor and Outdoor Measurements. *Bioelectromagnetics* 20:319-326, 1999.

Decat G, Peeters E, Smolders R, Bossuyt M, 2003. Tijdsreeks en GIS-model om de blootstelling van de bevolking aan het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door bovengrondse hoogspanningslijnen in Vlaanderen in kaart brengen. *Integrale milieustudies* Vito, MIRA, VMM. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA/2003/05, november 2003.

Decat G, Meyen G, Peeters E, Van Esch L, Deckx L, Maris U. Modelleren en GIS-toepassing voor het bepalen van de blootstelling en het epidemiologisch risico van het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door de ondergrondse hoogspanningskabels in Vlaanderen. VITO, MIRA, VMM. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA/2007/07, december 2007.

Decat G, Deckx L, Maris U. Persoonlijke exposimetrie voor het bepalen van de binnenhuisblootstelling van kinderen aan ELF, VLF en RF elektromagnetische velden afkomstig van interne en externe bronnen. VITO, 2008/IMS/R/93., 2008.

Dienst Toezicht Energie (DTe). Gebiedsindeling (als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub d van de Elektriciteitswet 1998), per 18 augustus 2003.

Dusseldorp A, Van Poll R, Hall L. Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten bij GGD'en. Inventarisatie 2004-2006. RIVM, Bilthoven, RIVM-rapport 609330001, 2007.

Farag, AS, Dawoud, MM, Selim, SZ, Cheng, TC, Marcus, AM, Penn, D. Power-frequency electromagnetic fields in the home. *Electric-Machines-and-Power-Systems*, vol 26 (7):749-773, 1998.

Fórsen UM, Ahlbom A, Feychting M. Relative contribution of residential and occupational magnetic field exposure over 24 hours among people living close to and far from a power line. *Bioelectromagnetics* 23:239-244, 2002.

Gauger JR. Household appliance magnetic field survey. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. Sep; PAS-104(9):2436-2444, 1985.

Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008. Den Haag: Gezondheidsraad, publicatienr. 2009/02, 2009a.

Gezondheidsraad. Hoogspanningslijnen en de ziekte van Alzheimer. Den Haag: Gezondheidsraad, publicatienr. 2009/05, 2009b.

Joseph W, Verloock L, Martens L. Measurements of ELF Electromagnetic Exposure of the General Public from Belgian Power Distribution Lines. *Health Physics* 94, number 1, 57-66, 2008.

Kaune, W T, Miller M C, Linet M, Hatch E E, Kleinerman R, Wacholder S, Mohr A, Tarone R E, Haines C. Magnetic fields produced by hand held hair dryers, stereo headsets, home sewing machines, and electric clocks. *Bioelectromagnetics*. January, vol 23 (1):14-25, 2002.

Kelfkens G, Pennders RMJ, Pruppers MJM. Woningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland. RIVM, Bilthoven, RIVM-rapport 610150001, 2002.

Kelfkens G en Pruppers MJM. Extreem laag-frequente elektromagnetische velden van huishoudelijke apparatuur. RIVM, Bilthoven, RIVM-rapport 300010001, 2005.

Kelfkens G en Pruppers MJM. Achtergronden beleid bovengrondse hoogspanningslijnen. RIVM, Bilthoven, rapportnr 861020014, 2007.

Kennisplatform EMV. Kennisbericht 'Mogelijk meer Alzheimersterfte bij hoogspanningslijnen. Onderzoek van Huss levert geen verklaring', Bericht 09/01, 30 maart 2009b.

Kennisplatform EMV. Kennisbericht 'Hoogspanningslijnen en kinderleukemie'. Bericht 2009/04, september 2009a (in voorbereiding).

Koolen S en Heslen PLJ. Berekening magnetische veldsterkten 50 kV-station Heemstede. KEMA-rapport 40560042-TDC 05-50785A, mei 2005.

Koops F. Metingen in straten in Voorburg, 1997.

Maslanyj MP, Mee TJ, Renew DC, Simpson J, Ansell P, Allen SG, Roman E. Investigation of the sources of residential power frequency magnetic field exposure in the UK Childhood Cancer Study. *J. Radiol. Prot.* 27, 41-58, 2007.

Milieuportaal 2008. <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/hoogspanningslijnen/netkaart>.

MNC, 2008. Milieu- en Natuurcompendium. <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl0034-Elektrische-apparaten-in-huishoudens.html?i=15-12> (bron gegevens; CBS 2006).

Netbeheer Nederland, 2008.

<http://www.energiened.nl/Content/Cms/TermPage.aspx?TermPageID=5&MenuItemID=50>.

Preece AW, Kaune W, Grainger P, Preece S, Golding J. Magnetic fields from domestic appliances in the UK. Phys. Med. Biol. January, vol 42 (1):67-76, 1997.

Rijken HGM. Metingen magnetische velden rondom IJburg. Metingen uitgevoerd rondom de 150kV bovengrondse lijn Oostzaan-Diemen en de 150kV ondergrondse kabels Diemen-Wijdewormer en Diemen-Oterleek in het voorjaar 2002. NUON-Infra-Specials, Duiven, juli 2002.

Rijken H.G.M. Magnetische velden de Damaststraat te Haarlem. Berekeningen aan de ondergrondse kabel. Nuon Tecno-Verbindingen, Duiven, februari 2005.

Van den Berg GP. Magnetische velden ten gevolge van de electriciteitsvoorziening in de Persoonstraat, Bocholtz. Notitie Natuurkundewinkel. Rijksuniversiteit Groningen, 2002.

Van der Plas M, Houthuijs DJM, Dusseldorp A, Pennders RMJ, Pruppers MJM. Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM, Bilthoven, RIVM-rapport 610050007, 2001.

Van der Stoep JW. Metingen van magnetische velden rondom transformatorhuisjes. KEMA-rapport KST/MVC 98-3064, december 1998.

Van der Valk A. Magnetische veldsterkte metingen uitgevoerd rond diverse onderstations in Amsterdam. TNO Electronic Products & Services (EPS) B.V. Projectnummer 05122101.r01, maart 2006.

VROM, 2005. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen.

<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=w256>; in 2008 aangevuld met nadere uitleg (<http://www.vrom.nl/Docs/briefhoogspanningslijnen.pdf>).

ZonMw, 2008. <http://www.zonmw.nl/en/programmes/all-programmes/electromagnetic-fields-and-health-research/>.





## **Bijlage A      Beleid**

### **Ministerie van VROM**

Eind 2005 heeft het ministerie van VROM een beleidsadvies over hoogspanningslijnen naar gemeenten, provincies en netbeheerders gestuurd. Op basis van het voorzorgprincipe adviseert het ministerie 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 microTesla (de magneetveldzone)'. Het ministerie van VROM adviseert om in nieuwe situaties de 0,4  $\mu$ T-zone bij de hoogspanningslijnen zo veel mogelijk vrij te houden van gevoelige bestemmingen, zoals woningen, scholen en kinderopvangplaatsen (VROM, 2005). In 2008 heeft het ministerie van VROM een brief uitgebracht met een toelichting op het advies uit 2005. Daarin is onder andere uitgelegd dat de tuin van een woning ook bij de gevoelige bestemming 'woning' hoort.

### **GGD'en**

In 2006 heeft het Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM)<sup>7</sup> van GGD Nederland een standpunt uitgebracht over magnetische velden van hoogspanningslijnen, onderstations en transformatorhuisjes. Daarin adviseert het LCM om 'in specifieke lokale situaties waarbij sprake is van langdurig verblijf van kinderen rondom onderstations of transformatorhuisjes, te streven naar een zo laag mogelijke magnetische veldsterkte, met als advieswaarde 0,4  $\mu$ T. Wat redelijkerwijs mogelijk is, kan zowel in bestaande als in nieuwe situaties worden afgewogen'.

Daarbij geeft het LCM aan dat de afweging van wat redelijkerwijs mogelijk is, zal afhangen van de kosten-batenafweging die wordt gemaakt: 'Deze afweging kan er in elke specifieke situatie anders uitzien. Wat onder andere zal worden meegewogen, zijn de volgende aspecten:

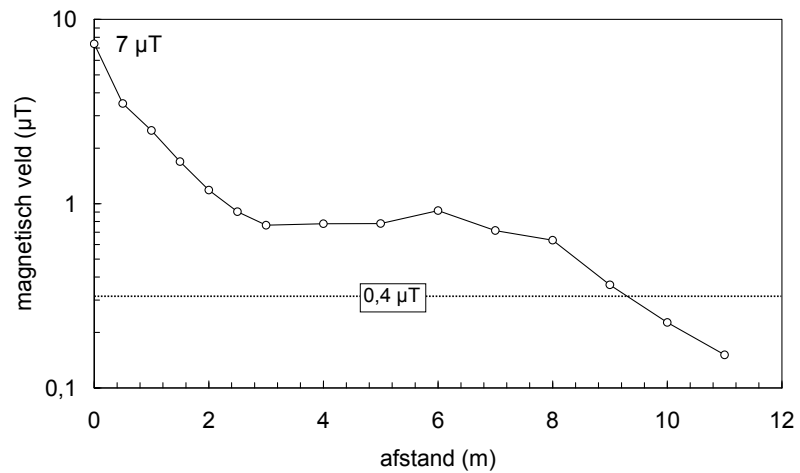
- mogelijk verhoogd risico (geen oorzakelijk verband bewezen) op een ernstige ziekte bij kinderen;
- de bezorgdheid van bewoners en ouders;
- de eenvoud en kosten van maatregelen'.

---

<sup>7</sup> Het LCM van GGD Nederland was een tijdelijk centrum ter versterking van de medische milieukunde, in de periode 2003-2007.

# Bijlage B Metingen onderstation en laagspanningsdistributiekabels

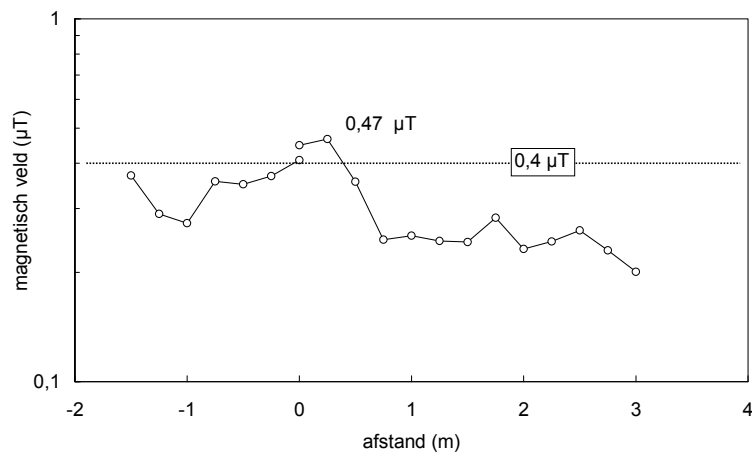
## Onderstation, Utrecht



Figuur B1 Magnetisch veld als functie van de afstand op het terrein van een onderstation in Utrecht (19 november 2008; stroom onbekend).

N.B. Het vlakke stuk in de grafiek wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van diverse kabels in de grond. Wanneer op het oog de lijn vanaf de muur van het onderstation wordt doorgetrokken, kan geschat worden dat op ongeveer 5 meter de  $0,4 \mu\text{T}$  wordt bereikt.

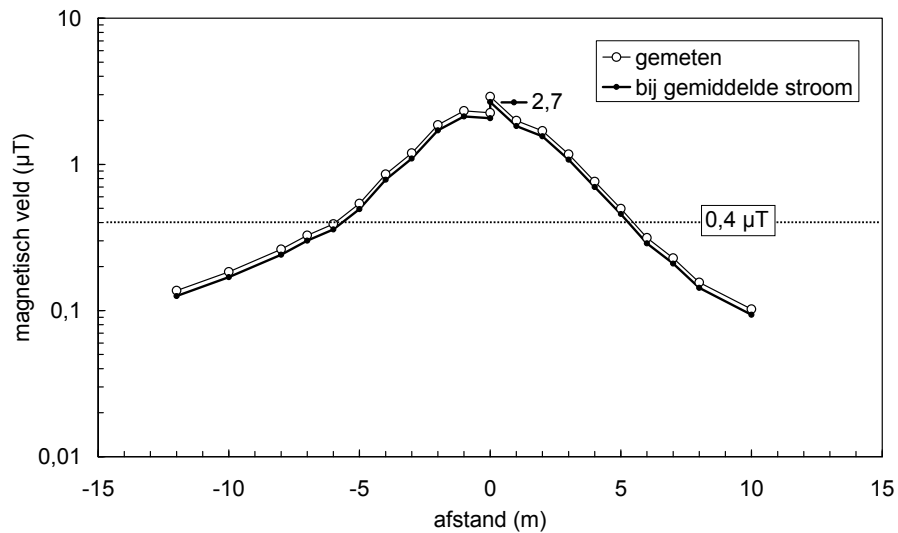
## Laagspanningsdistributiekabel, Simpelveld



Figuur B2 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse laagspanningskabel (9 december 2008; stroom onbekend).

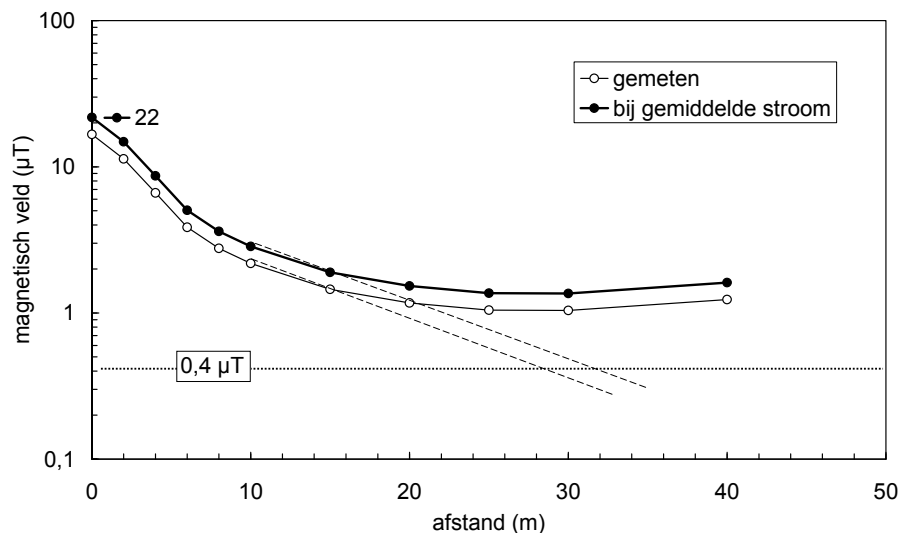
## Bijlage C Meetgegevens ondergrondse hoogspanningskabels

### Kabel, 150 kV, Utrecht



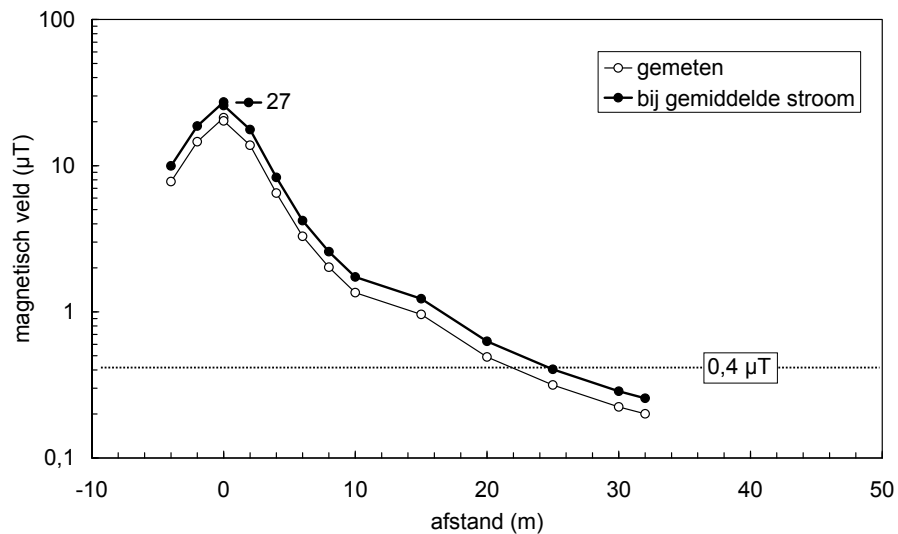
Figuur C1 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 150 kV-kabel (19 november 2008; stroom tijdens de meting 110 A; jaargemiddelde stroom 100 A; maximale stroom 280 A; ontwerpstroom 800 A).

### Kabel 1, 150 kV, Dordrecht



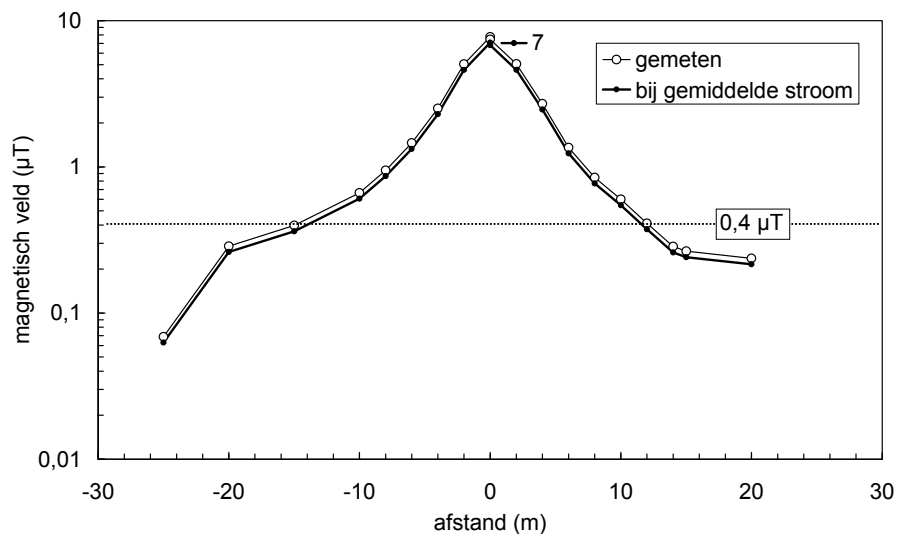
Figuur C2 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 150 kV-kabel (15 december 2008; stroom tijdens de meting 505 A; jaargemiddelde stroom 660 A; maximale stroom 1320 A; ontwerpstroom 2059 A).

### Kabel 2, 150 kV, Dordrecht



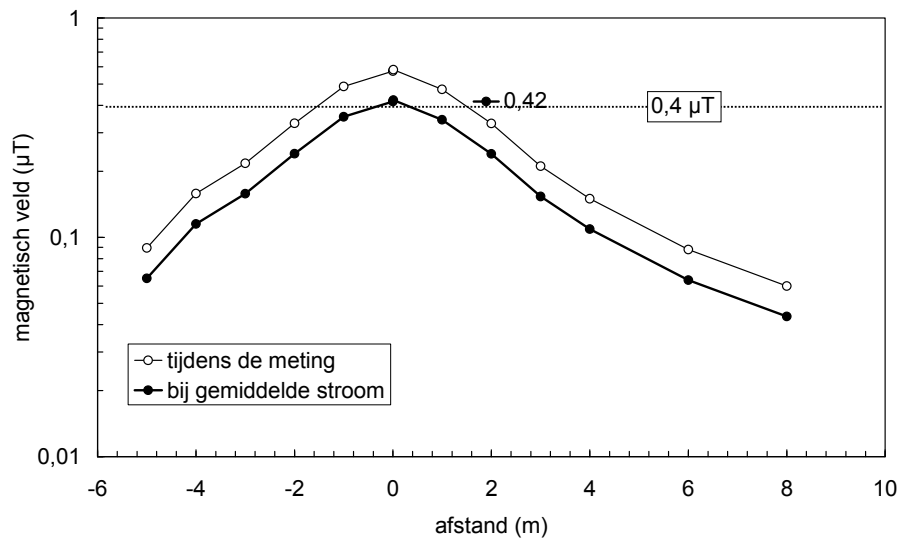
Figuur C3 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 150 kV-kabel (15 december 2008; stroom tijdens de meting 516 A; jaargemiddelde stroom 660 A; maximale stroom 1320 A; ontwerpstroom 2059 A).

### Kabel, 150 kV, Haarlem



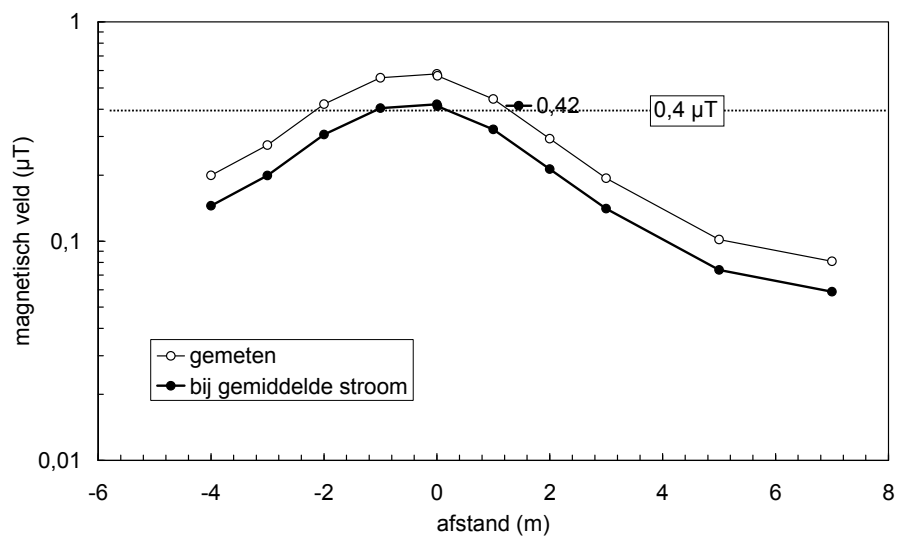
Figuur C4 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 150 kV-kabel (3 februari 2009; stroom tijdens de meting 318 A; jaargemiddelde stroom 290 A; maximale stroom onbekend; ontwerpstroom onbekend).

**Kabel, 50 kV, Utrecht**



Figuur C5 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 50 kV-kabel in driehoeksligging (5 februari 2009; stroom tijdens de meting 170 A; maximale belastbaarheid 490 A; maximale stroom in 2008 200 A; jaargemiddelde stroom in 2008 125 A).

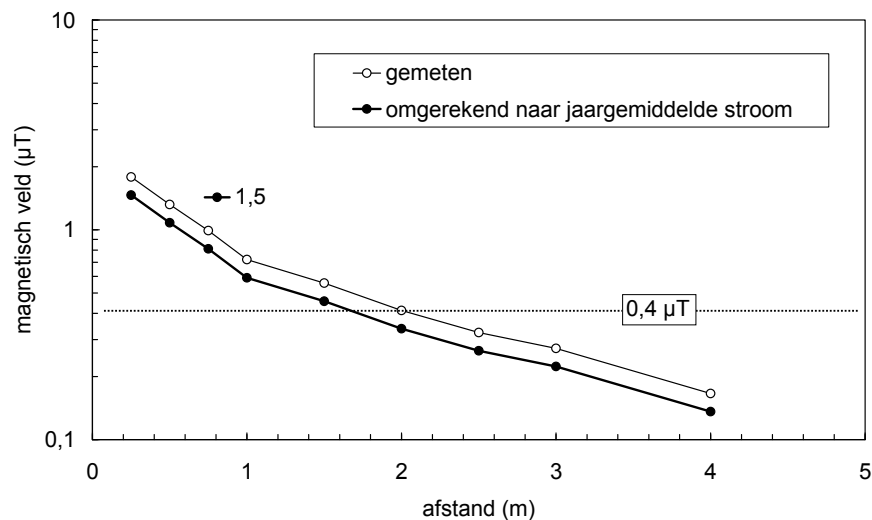
**Kabel, 50 kV, Utrecht**



Figuur C6 Magnetisch veld als functie van de afstand boven een ondergrondse 50 kV-kabel met ligging in plat vlak (5 februari 2009; stroom tijdens de meting 170 A; maximale belastbaarheid 490 A; maximale stroom in 2008 200 A; jaargemiddelde stroom in 2008 125 A).

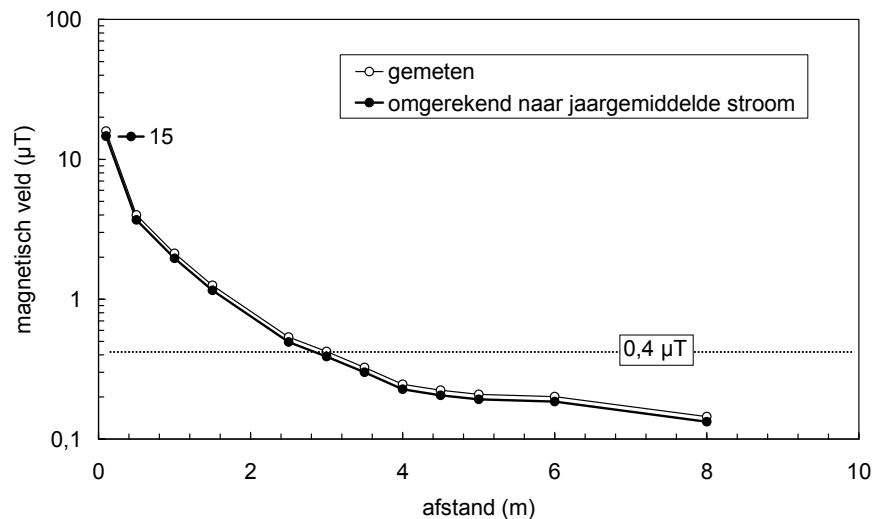
## Bijlage D Meetgegevens transformatorhuisjes

### Transformatorhuisje 1, Bilthoven



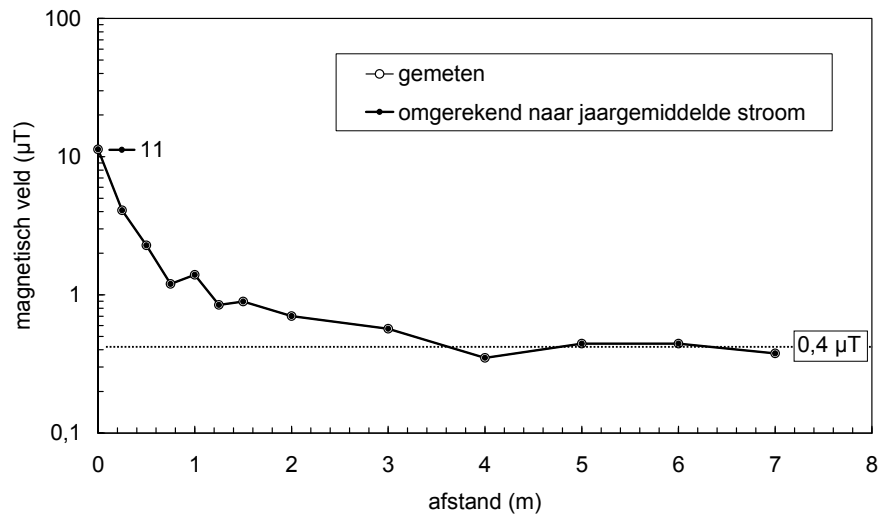
Figuur D1 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van trafostation nr. 15 (12 november 2008; stroom tijdens de meting 595 A; jaargemiddelde stroom 487 A; maximale stroom 1375 A; transformatorvermogen 1000 kVA).

### Transformatorhuisje 2, Bilthoven



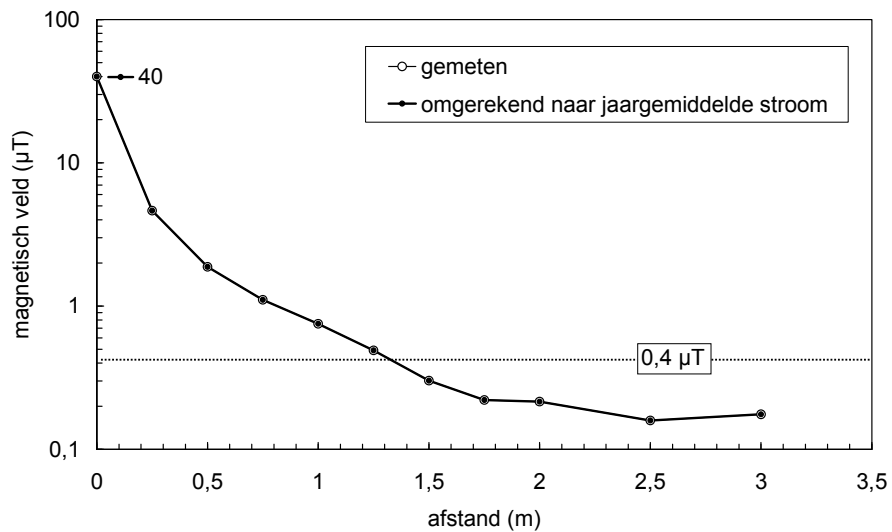
Figuur D2 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van trafostation nr. 10 (12 november 2008; stroom tijdens de meting 966 A; jaargemiddelde stroom 890 A; maximale stroom 2900 A (twee transformatoren); totaal transformatorvermogen 2000 kVA).

**Transformatorhuisje Utrecht**



Figuur D3 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van het transformatorhuisje (19 november 2008; stroom tijdens de meting 300 A; jaargemiddelde stroom 300 A; maximale stroom onbekend; transformatorvermogen onbekend).

**Transformatorhuisje 1, Simpelveld**

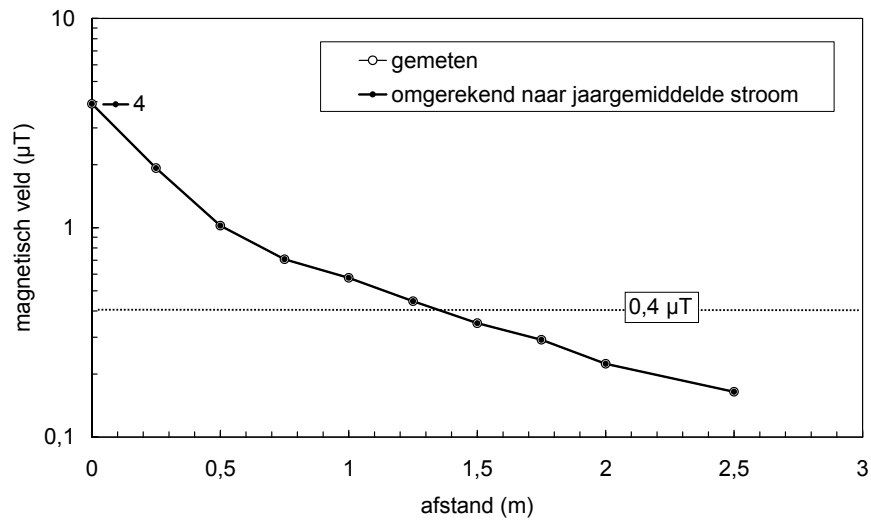


Figuur D4 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van het transformatorhuisje (26 januari 2009; stroom tijdens de meting 80 A; jaargemiddelde stroom 80 A; maximale stroom 300 A; vermogen transformator 200 kVA).

Transformatorhuisje 1 in Simpelveld is een zogenaamd compactstation, waar kinderen eventueel ook op het dak kunnen spelen. Daarom is ook op het dak gemeten (twee minuten), zowel direct op het dak als op 1 m hoogte. Het gemiddelde magnetische veld direct op het dak bedroeg 6,22 µT, op 1 m hoogte 0,37 µT.

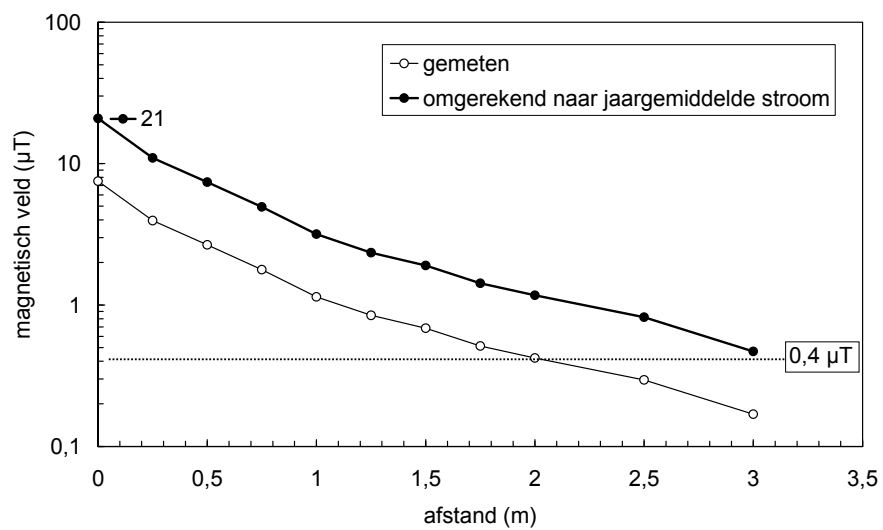


### Transformatorhuisje 2, Simpelveld



Figuur D5 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van een transformatorhuisje (9 december 2008; stroom tijdens de meting 250 A; maximale stroom 400 A; jaargemiddelde stroom naar schatting 250 A (moment van de dag representatief voor gemiddelde stroom); vermogen transformator 400 kVA).

### Transformatorhuisje Haarlem



Figuur D6 Magnetisch veld als functie van de afstand tot de muur van het transformatorhuisje (11 december 2008; stroom tijdens de meting 150 A; jaargemiddelde stroom 333 A; maximale stroom onbekend; vermogen transformator 1250 kVA).

## Bijlage E Meetgegevens apparaten

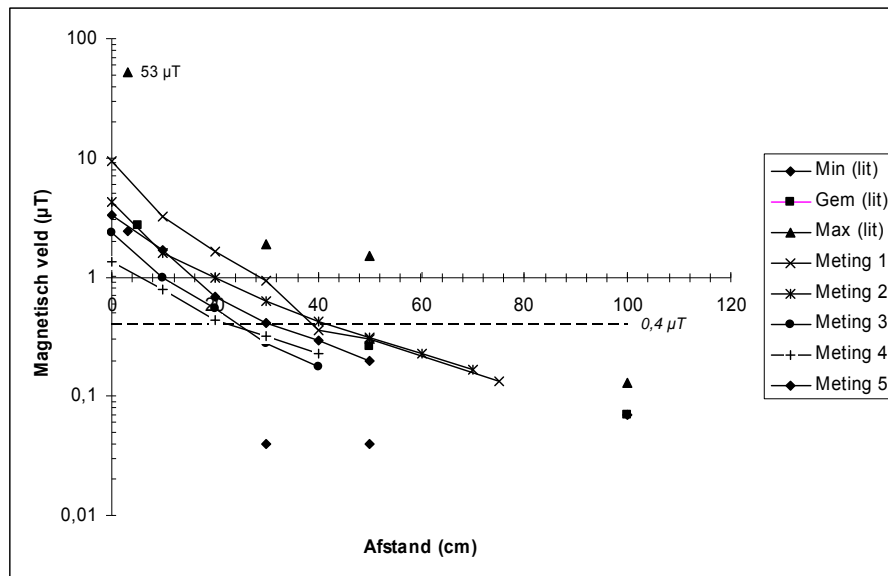
Tabel E1 Magnetisch veld bij diverse huishoudelijke apparaten.

apparaat	veld direct bij het apparaat ( $\mu\text{T}$ )	0,4 $\mu\text{T}$ (cm)	woning
babyfoon	<0,2	nvt	8
föhn (hoogste stand)	10,4	23	3
föhn (hoogste stand)	35,5	25	5
föhn (stand 1) <sup>1</sup>	5,3	20	2
koelkast	1,1	21	3
koelkast	< 0,2	nvt	1
koelkast	<0,2	nvt	2
koelkast	<0,2	nvt	9
laptop	1,2	3	3
oven	3,3	61	1
stofzuiger (grond)	>70	69	9
stofzuiger (grond)	>70	70	5
stofzuiger (grond)	>70	70	1
stofzuiger (1 m hoogte)	0,3	nvt	1
televisie	4,2	41	6
televisie	9,3	39	1
televisie	3,3	31	9
televisie	1,3	22	5
televisie	2,4	25	3
televisie (lcd)	<0,2	nvt	10 <sup>2</sup>
televisie (lcd)	<0,2	nvt	7
waterkoker	8,5	19	2
waterkoker	6,9	17	3
waterkoker	10,8	17	4
wekkerradio	44	29	5
wekkerradio achterkant	63	23	3
wekkerradio	34	19	9
wekkerradio zijkant	1,7	16	2
wekkerradio zijkant	9,5	17	3

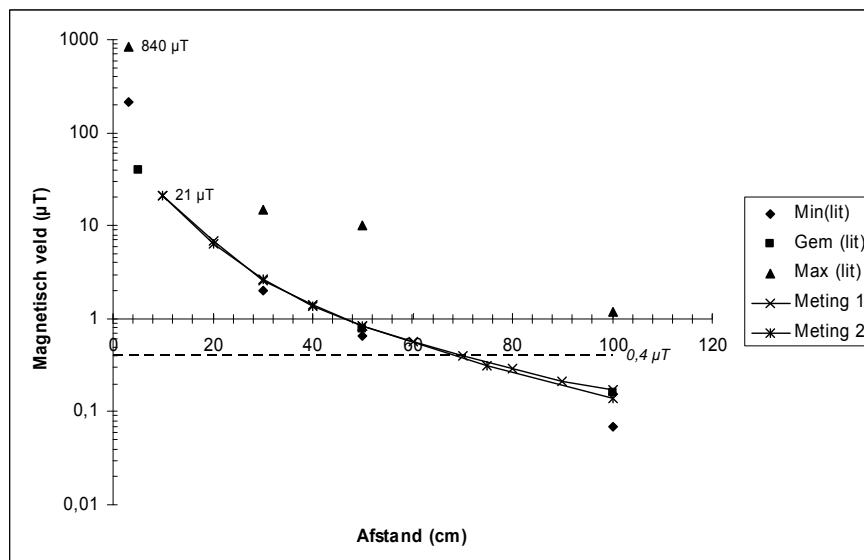
<sup>1</sup> In de hoogste stand van deze föhn (stand 3) was het veld 30  $\mu\text{T}$  bij de föhn.

<sup>2</sup> Gemeten in een kantoorruimte op het RIVM.

## Bijlage F Meetgegevens apparaten ten opzichte van de literatuur

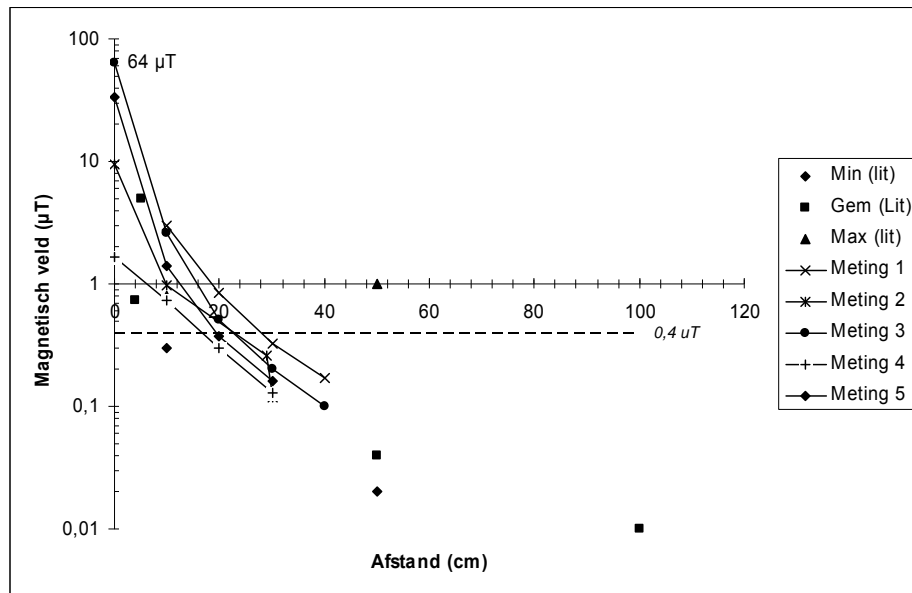


Figuur F1 RIVM-metingen beeldbuis-tv's (n=5) ten opzichte van de data uit de literatuur.

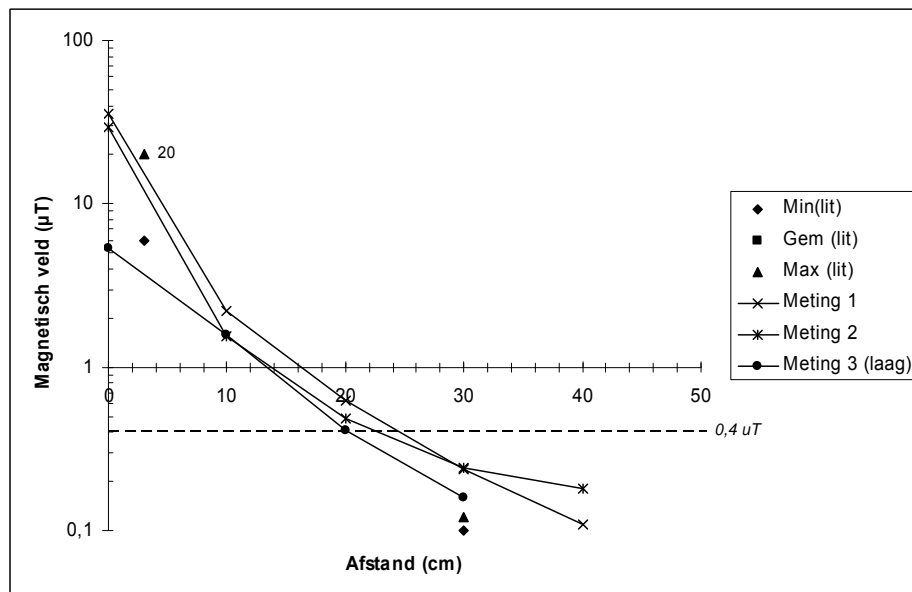


Figuur F2 RIVM-metingen stofzuiger, op grond gemeten (n=2) ten opzichte van de data uit de literatuur.

N.B. In de literatuur staat niet expliciet op welke hoogte is gemeten. Het wordt verwoord als *distance to the surface*, wat suggereert dat in elk geval op hoogte van de stofzuiger (en dus niet op 1 meter hoogte) is gemeten.



Figuur F3 RIVM-metingen wekkerradio (n=3) ten opzichte van de data uit de literatuur. Twee wekkerradio's zijn aan twee kanten gemeten; de hoogste kant (achterkant) en de kant relevant voor de blootstelling in die gevallen.



Figuur F4 RIVM-metingen föhns (n=3) ten opzichte van de data uit de literatuur. Twee föhns zijn op de hoogste stand gemeten (meting 1 en 2, de derde op de laagste stand (meting 3)).

N.B. De literatuurdata waarvoor duidelijk is dat het om een föhn gaat en niet om een droogkap staan in de figuur; in de literatuur staat niet op welke stand is gemeten.

*Toelichting op de grafieken*

In de hiervoor gaande figuren zijn de waarden uit Tabel 8 puntsgewijs weergegeven. Het minimum en maximum is daarbij de onderkant en de bovenkant van de range (meestal gegeven voor Gauger, wat ook de basis is voor de VROM-data). In de grafieken is dit weergegeven als min (lit) en max (lit).

Sommige schattingen in Tabel 8 geven geen range, maar een enkele waarde. Deze zijn weergegeven als 'gemiddelde', in de grafiek heet dat gem (lit).

De waterkoker, oven en laptop konden niet op deze manier worden vergeleken, omdat die in de literatuurwaarden niet staan. Omdat drie van de vier koelkasten die het RIVM heeft gemeten een veld hadden  $< 0,2 \mu\text{T}$ , is daarvoor ook geen grafiek gemaakt.

## Bijlage G Meetgegevens woningen

Tabel G1 Magnetisch veld op diverse plekken in negen woningen (gemiddelden en standaarddeviatie over een half uur).

woning	type	plek	magnetisch veld ( $\mu\text{T}$ )	SD <sup>1</sup>	tijdstip <sup>2</sup>
1	rijtjeshuis	bed 2e verdieping	0,04	0,01	middag
		keuken	0,04	0,02	middag
		eettafel (keuken)	0,1	0,04	middag
		bank woonkamer (1e)	0,12	0,02	middag
2	2 onder 1 kap	bank woonkamer	0,02	0,01	ochtend
		bed 1e verdieping	0,09	0,01	ochtend
		werkplek pc	0,03	0,01	middag
		eettafel (woonkamer)	0,01	0,01	ochtend
3	vrijstaand	keuken	0,01	0,00	middag
		badkamer, 1 m hoogte	0,01	0,01	middag
		bank woonkamer	0,01	0	middag
4	vrijstaand	bed slaapkamer	0,01	0,01	middag
5	benedenwoning	bed	0,13	0,03	avond
		badkamer	0,09	0,05	avond
		eettafel	0,06	0,01	avond
		bank	0,13	0,02	avond
		keuken	0,1	0,02	avond
		werkplek pc	0,11	0,02	avond
6	flat (2e)	bed	0,04	0,02	avond
		bank woonkamer (2e)	0,02	0,01	avond
		eettafel	0,03	0,02	avond
7	2 onder 1 kap	eettafel	0,06	0,02	avond
8	rijtjeshuis	werkplek pc	0,06	0,02	avond
		eettafel	0,11	0,06	avond
9	hoekwoning	bank woonkamer	0,04	0,01	avond
		eettafel	0,07	0,03	avond
		keuken	0,15	0,03	avond
		werkplek pc	0,08	0,02	avond
		badkamer	0,04	0,01	avond
		slaapkamer	0,09	0,01	avond
<i>Minimum</i>			<i>0,01</i>		
<i>Maximum</i>			<i>0,15</i>		
<i>Gemiddelde over alle plekken</i>			<i>0,06</i>		

<sup>1</sup> Standaarddeviatie (gemeten over een half uur).

<sup>2</sup> Ochtend = 09.00-12.00 uur, middag = 12.00-18.00 uur, avond = na 18.00 uur.

# Bijlage H      Meetprotocollen voor GGD'en

## *Toelichting*

Voor het project 'Meten van ELF-velden van diverse bronnen' zijn meetprotocollen ontwikkeld. In het hoofdrapport staat beschreven hoe de metingen zijn uitgevoerd en de data zijn verwerkt. Naast het doen van enkele indicatieve metingen, was een doel van het project om de meetprotocollen beschikbaar te stellen voor GGD'en, zodat zij in de toekomst zelf kunnen meten naar aanleiding van lokale vragen, en eventueel aanvullende berekeningen kunnen doen. Het cGM heeft meetapparatuur (twee EMDEX LITE-meters) te leen voor de GGD'en.

Deze bijlage bevat de meetprotocollen en veldformulieren die gebruikt zijn in het project, met hier en daar een kleine aanpassing om het toe te spitsen voor gebruik in de GGD-praktijk. Indien de metingen volgens dit protocol worden gedaan, kunnen ze dienen als aanvulling op de verzameling gegevens die voor het project tot stand is gekomen. Per casus kan daartoe in samenspraak tussen het RIVM en de GGD worden besloten.

## **Meetprotocollen Algemeen**

Het betreft locatiespecifieke metingen. De uitslagen van locatiespecifieke metingen zijn niet representatief voor andere, op het oog vergelijkbare, situaties. Uitgangspunt is om te kunnen bepalen op welke afstand van een bepaalde bron de (jaargemiddelde waarde van) 0,4  $\mu$ T wordt bereikt. Bij metingen rondom een kabel of een transformatorhuisje is het goed dit van tevoren te melden bij de betreffende gemeente (afdeling communicatie) zodat zij voorbereid zijn op eventuele vragen van burgers.

### *Benodigdheden in het veld*

- Een meetinstrument EMDEX LITE.
- (Reserve) 9V-batterijen EMDEX LITE.
- Standaard van 1 m hoogte, bij voorkeur niet van metaal.
- Meetprotocol.
- Veldformulier (in veelvoud) en pen.
- *Radio controlled*-alarmklok.
- Rolmaat (5 m).
- Paraplu.
- Doorzichtige plastic zak om de EMDEX LITE droog te houden bij regen.
- Digitale camera (optioneel).

### *Benodigdheden voor het uitlezen van de data*

- Laptop/pc met uitleessoftware EMCALC 2000
- *USB-to-mini-USB*-kabel

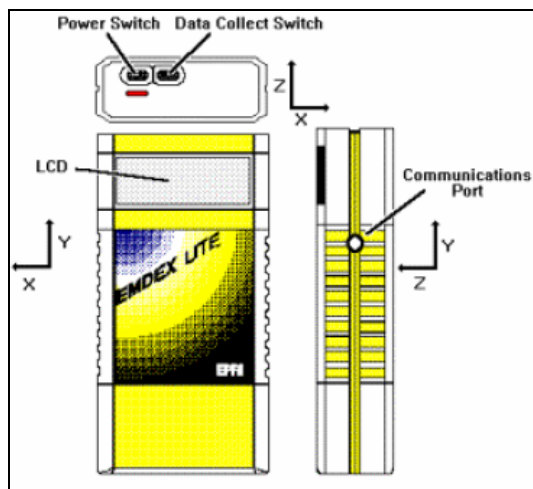
### *Meetapparatuur*

De metingen van de veldsterkten worden uitgevoerd met de EMDEX LITE Magnetic Field Meter van leverancier Enertech. Het meetinstrument meet de magnetische veldsterkte tussen 40 en 1000 Hz. Omdat het meetinstrument met drie loodrecht op elkaar staande spoelen is uitgerust, is de gemeten veldsterkte (*true root mean square*) onafhankelijk van de oriëntatie van het meetinstrument in de ruimte. Het bereik is 0 tot 70  $\mu$ T (= 700 mG). Bij 50 Hz en een temperatuur van 27 °C bedraagt de meetnauwkeurigheid ongeveer 8 %. Het tempo waarmee metingen worden opgeslagen, kan worden ingesteld en is op z'n snelst elke vier seconden.

*Algemene procedure gebruik EMDEX LITE*

- Verifieer voor aanvang of de EMDEX LITE de meetwaarden weergeeft in microtesla ( $\mu\text{T}$ ) of milliGauss (mG). Noteer dit bovenaan het veldformulier en schrijf bij de meetwaarden de letterlijke waarden uit de display op, om verwarring te voorkomen.
- Een mobiele telefoon kan de meting verstoren. Zet deze dus uit tijdens de meting.
- Het meetinstrument mag niet nat worden. Gebruik bij regen een paraplu en bescherm het meetinstrument met behulp van een doorzichtige plastic zak/hoes.
- Gebruik op plekken waar de meter lang staat (bijvoorbeeld 30 minuten) het zwarte hoesje voor de EMDEX LITE. Dit vangt een eventueel elektrisch veld af.
- Het meetinstrument kan zowel rechtop als plat worden neergezet/gelegd.
- Bij waarden boven het meetbereik (700 mG oftewel 70  $\mu\text{T}$ ) kan de meter kapotgaan. Het is dus verstandig eerst een verkennende meting te doen vanaf afstand naar het apparaat toe en te kijken of de waarde niet te veel toeneemt.
- Een nieuwe batterij gaat ongeveer drie meetdagen mee. In de *Done*-stand gebruikt het apparaat nauwelijks energie en kan de EMDEX LITE de data nog lang bewaren, voordat ze uitgelezen worden (enkele weken). Na dertig dagen verliest de EMDEX de data van de interne klok, dus binnen die periode moeten de data zeker uitgelezen zijn.

*Bediening van de EMDEX LITE*



*Aanzetten*

De EMDEX LITE heeft aan de korte bovenkant twee schakelaars: de hoofdschakelaar met een rode stip (*Power Switch*) en de schakelaar voor het starten en afsluiten van het verzamelen van data (*Data Collect Switch*). Zet het meetinstrument aan door beide schakelaars naar rechts te schuiven; het display geeft nu iedere vier seconden de magnetische fluxdichtheid weer.

*Metten*

Noteer op het betreffende veldformulier de afgelezen waarden (zie onder de meetprotocollen per type meting)



Let op!!  
Schakel de meter nooit uit voordat de metingen zijn afgerond, indien de data later ook uitgelezen moeten worden. Zet dus tijdens de metingen zowel de hoofdschakelaar (Power Switch) als de Data Collect-schakelaar nooit in de *Off*-stand.

#### *Uitzetten*

Raak de hoofdschakelaar (Power Switch) niet aan. Zet na alle metingen van die dag alleen de Data Collect-schakelaar in de Off-stand door deze naar links te schuiven; in het venster verschijnt de tekst Done. Nu is de meter klaar om uitgelezen te worden. Wanneer voor het uitlezen opnieuw de Data Collect-schakelaar wordt aangezet, wordt de eerdere meting overschreven.

Als u per ongeluk het meetinstrument toch met de hoofdschakelaar (Power Switch) heeft uitgezet, laat deze dan minstens tien seconden uit alvorens hem weer aan te zetten; als u niet voldoende lang wacht zal de tekst 'HELP' in het venster verschijnen

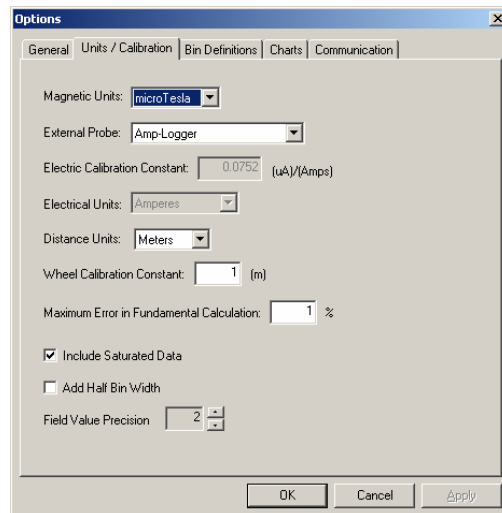
#### *Uitlezen van de data*

Het uitlezen van de data gebeurt met bijbehorende software (EMCALC). Dit programma maakt onder andere grafieken van de meetdata en biedt de mogelijkheid databestanden te maken. Indien alleen een indicatieve meting in het veld wordt gedaan, valt te overwegen alleen de waarden te gebruiken die in het veld zijn genoteerd. Het uitlezen van de data geeft wel meer inzicht in variaties, dus is in elk geval ten zeerste aan te raden voor situaties waarin een sterk wisselend veld wordt verwacht<sup>9</sup>. EMCALC is aanwezig op (de laptop van) het RIVM. Per casus kan in overleg tussen GGD en RIVM worden bekeken hoe het uitlezen van de data gerealiseerd kan worden.

Zet voor het uitlezen, indien dat nog niet eerder is gebeurd, de Data Collect- schakelaar op de bovenkant van het meetinstrument op Off en wacht tot Done in het scherm van het meetinstrument verschijnt.

Zorg dat de klok van de pc de goede tijd aangeeft (bijvoorbeeld door deze gelijk te zetten met een radar controlled-alarmklok). De software bepaalt namelijk de tijdstippen waarop is gemeten door het aantal verstreken *sample*-intervallen terug te rekenen vanaf het uitleestijdstip. Dubbelklik hiertoe op de tijd, meestal rechtsonder op het beeldscherm. Er verschijnt een scherm waarin de tijd handmatig veranderd kan worden.

Sluit de USB-kant van de USB-to-mini-USB-kabel aan op een USB-ingang van de pc  
Open op de pc het softwarepakket EMCALC; zorg dat onder *Options* de eenheid op microtesla en niet milliGauss staat (zie Figuur H1) en zorg dat de andere instellingen zijn zoals in Figuur H1 weergegeven.

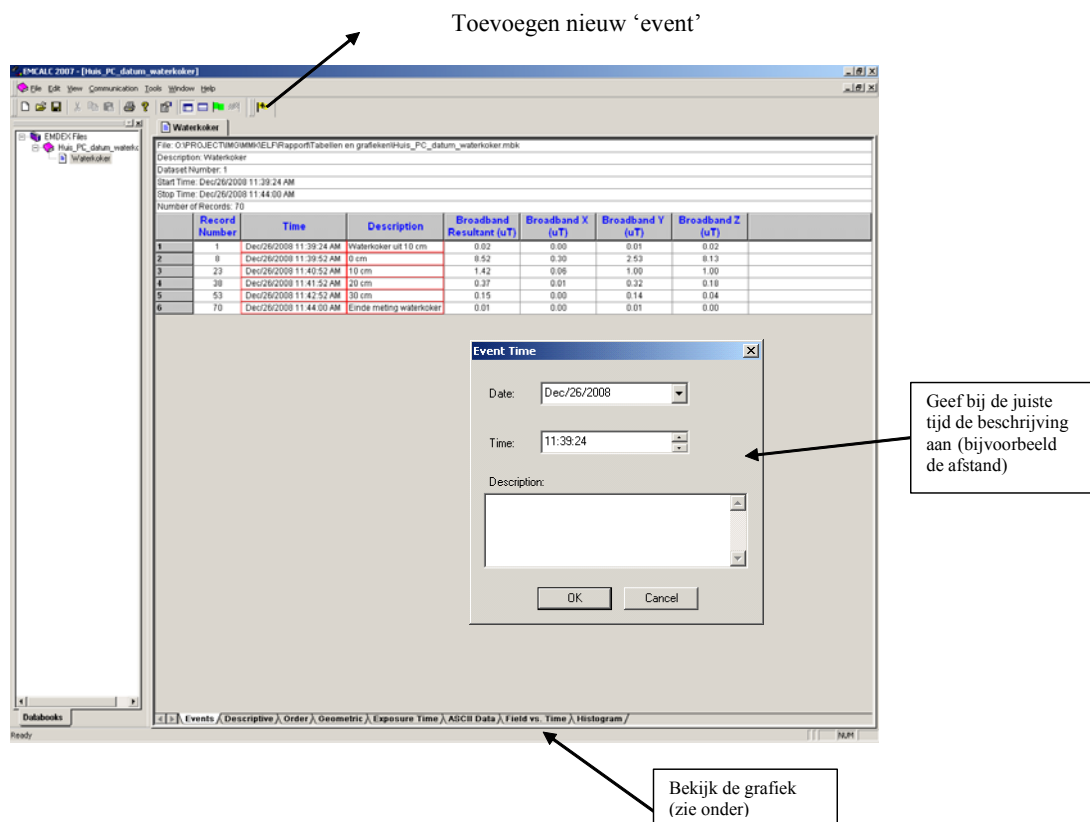


Figuur H1 Dialoogvenster Options in het softwarepakket.

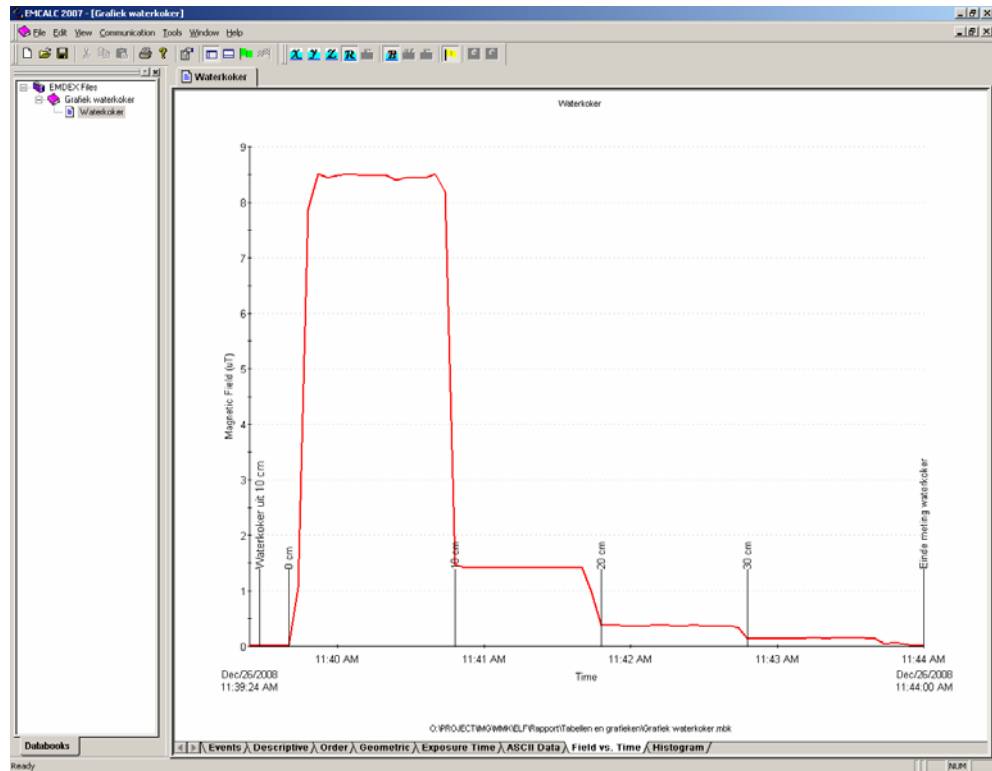
- Sluit de mini-USB-kant van de USB-to-mini-USB-kabel aan op de *Communications Port* van het meetinstrument.
- Kies in de bovenbalk van EMCALC *Communication*, *EMDEX LITE* en *Download Data*; er verschijnt een waarschuwingsscherm. Kies *OK* en kies in het *Save As*-window dat dan verschijnt, een directory en een logische naam en klik op *Save*. In de naam mogen alleen letters, cijfers en underscores staan. Dus geen andere tekens zoals spaties.
- Er verschijnt een scherm *Communications* met een lopende balk en vervolgens een scherm *Download Information*; vul in het vakje *Description* een logische naam in en klik op *Done*.
- Er worden nu twee bestanden met de gekozen naam aangemaakt: één met de extensie *.lte* (originele data, waarin niets kan worden gewijzigd) en één met de extensie *.mbk* (data book waarin *Events* kunnen worden toegevoegd).
- Bewaar het bestand met *File*, *Export ASCII*, extensie *.txt* om het later in Excel in te kunnen lezen, al dan niet na het toevoegen van *Events*.
- Kopieer alle aangemaakte bestanden bij wijze van back up naar een directory op een centrale schijf of, als op een laptop wordt gewerkt, op een memory stick of cd/dvd.
- Schakel, nadat is gecontroleerd of de gegevens allemaal op de pc zijn uitgelezen én naar de back up-locatie zijn gekopieerd, het meetinstrument uit, waardoor de data uit het meetinstrument worden gewist.

#### *Uitwerken van de data*

Het uitwerken van de data kan in EMCALC of in Excel worden gedaan. EMCALC biedt de mogelijkheid om *Events* toe te voegen. Deze markeren een punt in de meting (zie Figuur H2). In de grafiek (*Field vs. Time*) worden deze punten dan aangegeven (zie Figuur H3). Aanwijzingen voor het eventueel verder uitwerken van de data in Excel, worden gegeven in de specifieke meetprotocollen.



Figuur H2 Het toevoegen van Events in EMCALC.



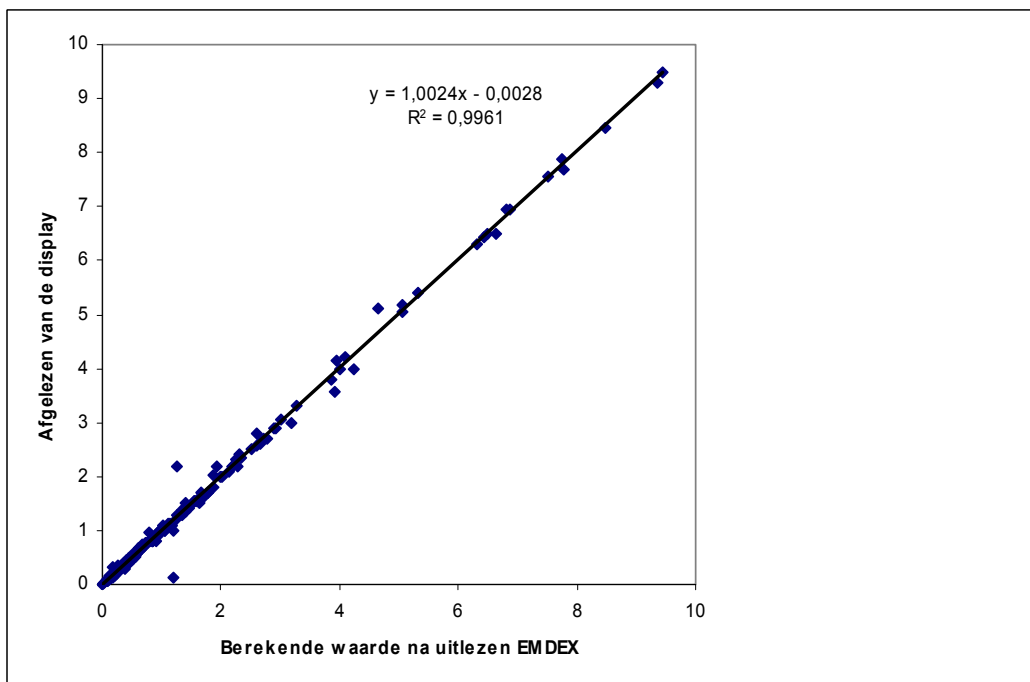
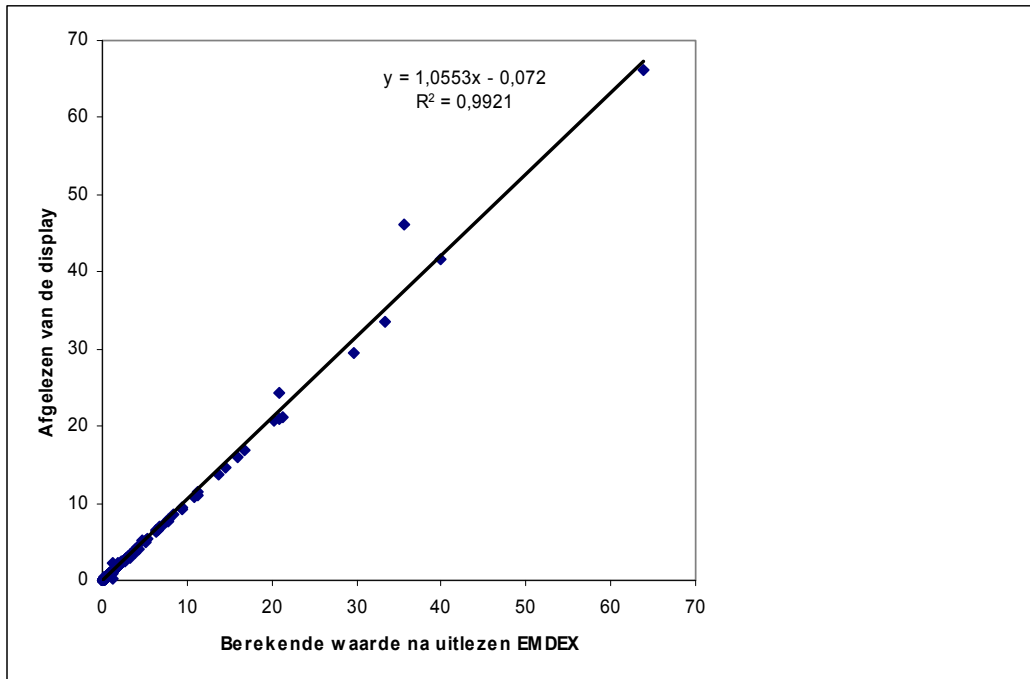
Figuur H3 EMCALC-grafiek Field v.s tim na het toevoegen van Events.

*Datalogger versus veldformulieren*

Er is een goede overeenkomst tussen de waarden die in het veld zijn genoteerd en de gemiddelden die uiteindelijk zijn berekend na uitlezen van de data (zie Tabel H1 en Figuur H4). Er kan voor deze bronnen dus eventueel worden volstaan een van de meter afgelezen waarde te rapporteren. Op de veldformulieren (zie Bijlagen) is dat de typische meetwaarde na een halve minuut. Dit geldt uiteraard niet voor apparaten met een sterk wisselend veld, zoals vaatwassers en wasmachines. Voor apparaten die een programma afdraaien, kan de meter gedurende het hele programma op een vaste plek gezet worden. Inzicht in het veld is dan alleen mogelijk na het uitlezen van de data.

Tabel H1 Vergelijking tussen de berekende en met de hand opgeschreven waarden.

	gemiddelde afwijking meting t.o.v. handgeschreven waarde	min.	max.
kabels (n=108)	1 %	-22 %	35 %
transformatorhuisjes (n=66)	0 %	-13 %	25 %
huishoudelijke apparatuur (n=100)	-1 %	-43 %	40 %



Figuur H4 Correlatie tussen de waarden voor het magnetisch veld zoals afgelezen van de display en uitgerekend na het uitlezen van de EMDEX (gemiddelde over twee minuten), voor het volledige bereik van de meetwaarden en < 10 µT. Het betreft de waarden voor huishoudelijke apparaten, kabels en transformatorhuisjes samen (zie ook Tabel 12).

## Meetprotocol A      ELF-velden van ondergrondse hoogspanningskabels

### Vorbereidingen

Neem ten eerste contact op met de netbeheerder van de kabel. Een overzicht van het dekkingsgebied van de netbeheerders en hun contactgegevens is te vinden op:

[http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht\\_netbeheerders](http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht_netbeheerders)

Vraag aan de netbeheerder de volgende gegevens:

- het traject van de kabels (bij voorkeur op een goede kaart);
- de manier waarop de kabels in de grond liggen (gescheiden fasen of driehoeksligging);
- de jaargemiddelde stroom (zie toelichting hieronder);
- de stroom tijdens de meting.

Voor dat laatste punt maar ook voor goede informatie over de ligging van de kabel is het handig als de netbeheerder bij de meting aanwezig is.

### *Toelichting gegevens over jaargemiddelde stroom:*

Een idee van de jaargemiddelde stroom geeft de mogelijkheid het gemeten magnetische veld te vertalen naar een jaargemiddeld magnetisch veld. De stroom door een kabel fluctueert immers per tijdstip van de dag en per seizoen. Indien de netbeheerder geen gegevens heeft over de jaargemiddelde stroom door de betreffende kabel, dan zijn er twee alternatieven (in volgorde van voorkeur):

1. Vraag wat de maximale stroom was in het afgelopen jaar. Neem als *worst case* schatting 50 % van de maximale stroom.
2. Vraag om een overzicht van het stroomverloop van een etmaal, het liefst van het etmaal waarbinnen de meting van de magnetische veldsterkte valt. Bij voorkeur staan de data in een spreadsheet en niet in een grafiek, want dat bemoeilijkt de verdere verwerking. Op deze manier kan in elk geval een daggemiddeld magnetisch veld worden berekend. Als het aannemelijk is dat de stroom niet te veel varieert gedurende het jaar, kan dit als indicatie voor het jaargemiddelde worden gebruikt.

### Meetprocedure in het veld

- Voer alle metingen uit op 1 m hoogte.
- Zoek een locatie met een open gebied met ongeveer 20 m vrije ruimte loodrecht op de kabel, bij voorkeur aan beide zijden. Indien dat niet mogelijk is, probeer dan aan de zijde waar minder ruimte is wel enkele meters ruimte te hebben. Zo is later terug te zien of het maximum van het veld goed was gelokaliseerd.
- Lokaliseer de kabel met het meetinstrument door de maximale waarden op de display af te lezen; let op meer dan één maximum (dit kan vooral bij gescheiden fasen voorkomen).
- Leg loodrecht op de kabel de meetpunten vast met een rolmaat.
- Meet per afstand van de kabel (zie veldformulier) gedurende een minuut.
- Noteer afstanden en bijbehorend begintijdstip van de meting per meetpunt op het veldformulier. De afstanden die gegeven worden in het veldformulier, zijn een leidraad, eventueel kunnen iets andere afstanden worden gehanteerd. De locatie kan dat nodig maken, of er kan bij een langzame afname van het veld worden besloten af en toe een stap over te slaan.
- Noteer per afstand van de kabel een typische waarde van de veldsterkte: schat een gemiddelde gedurende de eerste minuut van de meetperiode.
- Ga net zo lang door met meten totdat de meetwaarde lager is dan 0,2  $\mu\text{T}$  (zie toelichting hieronder).

- Noteer de stroom die gedurende de meting door de kabel loopt. De netbeheerder kan deze opvragen. Overleg of dit eventueel op twee tijdstippen tijdens de meting kan. Hierdoor weet je of de stroom tijdens de meting min of meer constant is, of wisselt.
- Maak een schets van de locatie; teken bij voorkeur de meetlijn in op een kaart van de netbeheerder.
- Maak enkele foto's van de locatie (optioneel).

#### *Toelichting afstand waarop 0,2 $\mu$ T wordt bereikt*

Indien bij aanvang van de meting blijkt dat de stroom op dat moment niet veel afwijkt van de jaargemiddelde stroom, kan worden volstaan met het meten tot een waarde van 0,4  $\mu$ T is bereikt. Indien de stroom veel lager is dan jaargemiddeld, zal tijdens de meting de 0,4  $\mu$ T-contour dichterbij de kabel liggen dan op veel andere tijdstippen. Er moet dan tot op grotere afstanden doorgemeten worden om achteraf te kunnen bepalen op welke afstand van de kabel de jaargemiddelde waarde van 0,4  $\mu$ T ligt. Indien de gegevens over het jaargemiddelde (nog) niet bekend zijn, meet dan voor de zekerheid door tot op de afstand waarop 0,2  $\mu$ T wordt bereikt. In de meeste gevallen is dit voldoende om de afstand te berekenen waar jaargemiddeld de 0,4  $\mu$ T wordt bereikt.

#### **Uitwerken van de data**

Importeer vanuit EMDEX LITE de .txt file van de meting in Excel. Verwijder drie meetwaarden voor en na de verplaatsing van de meter.

- Bereken voor elke afstand van de kabel het gemiddelde van de metingen gedurende de meetperiode. Of, iets minder nauwkeurig, kies ervoor de data die zijn genoteerd op het veldformulier, in Excel te zetten.
- Bereken voor elk meetpunt de jaargemiddelde veldsterkte door de meetwaarden te vermenigvuldigen met  $I_{\text{jaar}}/I_{\text{meting}}$  ( $I_{\text{meting}}$  is de stroom tijdens de meetperiode en  $I_{\text{jaar}}$  is de jaargemiddelde stroom).
- Maak een grafiek van de gemiddelde waarde van het magnetische veld versus de afstand (Chart Wizard, XY scatter, line).

Schat uit de grafiek (bijvoorbeeld met het magnetische veld weergegeven op een log-schaal) de afstand waarop de jaargemiddelde veldsterkte gelijk is aan 0,2 en 0,4  $\mu$ T. Voor een voorbeeld zie paragraaf 5.3.

#### **Geschatte tijdsbesteding (uren) voor het meten van één kabel**

Vorbereidingen	2
Uitvoeren meting (exclusief reistijd) (1 kabel)	2
Uitlezen en verwerken data	2

## VELDFORMULIER A - ONDERGRONDSE KABELS

Datum meting	
Monsternemer	
Netbeheerder	
Contactpersoon netbeheerder	
Telefoonnummer contactpersoon	
Nummer van de EMDEX LITE	
Eenheid display EMDEX ( $\mu$ T of mG)	
Datum invoeren meetdata in pc	
Naam van de file	

Naam van de kabel	
Spanningsniveau kabel	
Type kabel (één- of drie-fasig)	
Straat, plaats van de kabel	
Stroom tijdens de meting	
Jaargemiddelde stroom	
Foto's gemaakt	ja / nee
Kaart van de netbeheerder	ja / nee

Is er een hoogspanningskabel op een afstand <200 m? ja/nee

Is er een onderstation/transformatorhuisje op een afstand <10 m? ja/nee

*Bijzonderheden en/of schets van de locatie:*

→ Noteer in onderstaande tabel de waarden die u ziet op de display van de EMDEX.

→ Afhankelijk van het verloop van het veld kan af en toe een afstandsstap worden overgeslagen.





## Meetprotocol B      ELF-velden van transformatorhuisjes en compactstations

### Vorbereidingen

Neem ten eerste contact op met de beheerder van het transformatorhuisje. Indien niet duidelijk is wie dat is, kan dat bij de netbeheerder worden nagevraagd. Een overzicht van het dekkingsgebied van de (net)beheerders en hun contactgegevens is te vinden op:

[http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht\\_netbeheerders](http://www.dte.nl/nederlands/elektriciteit/transport/overzicht_netbeheerders)

Vraag aan de eigenaar van het transformatorhuisje de volgende gegevens:

- Informatie over het transformatorhuisje en de ingaande/uitgaande kabels (bij voorkeur op een goede kaart).
- Het vermogen van het transformatorhuisje (in kVA).
- De jaargemiddelde stroom (zie toelichting hieronder).
- De stroom tijdens de meting.

Voor dat laatste punt is het handig als de beheerder aanwezig is bij de meting. Overleg van tevoren of de beheerder de stroom kan meten tijdens de meetperiode. Achteraf opvragen blijkt niet altijd mogelijk.

### *Toelichting gegevens over jaargemiddelde stroom:*

Een idee van de jaargemiddelde stroom geeft de mogelijkheid het gemeten magnetische veld te vertalen naar een jaargemiddeld magnetisch veld. De stroom door een transformatorhuisje fluctueert immers per tijdstip van de dag en per seizoen. Indien de eigenaar geen gegevens heeft over de jaargemiddelde belasting van het transformatorhuisje (dit blijkt in de praktijk meestal het geval), dan is er een alternatief:

- Vraag om een overzicht van het stroomverloop van een etmaal, het liefst van het etmaal waarbinnen de meting van de magnetische veldsterkte valt. Bij voorkeur staan de data in een spreadsheet en niet in een grafiek, want dat bemoeilijkt de verdere verwerking. Op deze manier kan in elk geval een daggemiddeld magnetisch veld worden berekend. Aangenomen dat het stroomverbruik gedurende het jaar niet te veel wisselt, is dit meteen een indicatie voor het jaargemiddelde.

Let op. Vanaf een transformatorhuisje lopen diverse kabels die ook bijdragen aan het magnetische veld. Om de metingen te kunnen interpreteren, is het van belang te beschikken over een kaart waar de ligging van de kabels op staat. Vraag hier expliciet naar bij de netbeheerder.

### Meetprocedure in het veld

- Meet rondom het transformatorhuisje tegen de muur waar de veldsterkte het hoogst is, door de display af te lezen.
- Maak een schets van het huisje (met afmetingen) en teken daarin de locatie waar de veldsterkte het hoogst is. Bij de uitwerking van de schets kan gebruik worden gemaakt van een satellietfoto van Google Earth, dus het hoeft niet heel precies.
- Voer vervolgens de metingen uit op een hoogte van 1 m, in een lijn loodrecht op de muur vanaf het punt waar de hoogste waarde werd gemeten (gebruik hierbij een standaard).
- Meet op elke afstand gedurende één minuut.
- Noteer de afstanden en bijbehorend starttijdstip van de meting op het veldformulier

- Ga hiermee door tot de meetwaarde beneden  $0,2 \mu\text{T}$  is gedaald<sup>8</sup>.
- Maak enkele foto's van de locatie (optioneel).

### **Uitwerken van de data**

Importeer vanuit EMDEX LITE de .txt file van de meting in Excel. Verwijder 3 meetwaarden voor en na de verplaatsing van de meter.

- Bereken voor elke afstand van het huisje het gemiddelde van de metingen gedurende de meetperiode. Of, minder nauwkeurig, kies ervoor de data die zijn genoteerd op het veldformulier, in Excel te zetten.
- Bereken voor elk meetpunt de jaargemiddelde veldsterkte door de meetwaarden te vermenigvuldigen met  $I_{\text{jaar}}/I_{\text{meting}}$  ( $I_{\text{meting}}$  is de stroom tijdens de meetperiode en  $I_{\text{jaar}}$  is de jaargemiddelde stroom).
- Maak een grafiek van de gemiddelde waarde van het magnetische veld versus de afstand (Chart Wizard, XY scatter, line).
- Schat uit de grafiek (bijvoorbeeld met het magnetische veld weergegeven op een log-schaal) de afstand waarop de jaargemiddelde veldsterkte gelijk is aan  $0,4 \mu\text{T}$ . Zie paragraaf 6.3.

### **Geschatte tijdsbesteding per transformatorhuisje (uren)**

Vorbereidingen	2
Uitvoeren meting (exclusief reistijd)	2
Uitwerken en uitlezen data	2

---

<sup>8</sup> In dit geval tot  $0,2 \mu\text{T}$  (in plaats van  $0,4 \mu\text{T}$ ) omdat bij transformatorhuisjes niet van tevoren duidelijk is hoe de belasting zich verhoudt tot de gemiddelde belasting.

## VELDFORMULIER B - TRANSFORMATORHUISJES

N.B. Dit protocol kan ook worden toegepast voor een onderstation.

Datum meting	
Monsternemer	
Nummer van de EMDEX LITE	
Eenheid display EMDEX ( $\mu$ T of mG)	
Datum invoeren meetdata in pc	
Naam van de file	

Locatie	
Straat, plaats	
Vermogen van het huisje	
Stroom tijdens de meting	
Foto's gemaakt	ja/nee
Kaart van de beheerder	ja/nee

Is er een hoogspanningskabel op een afstand <200 m? ja/nee

Is er een onderstation/transformatorhuisje op een afstand <10 m? ja/nee

*Bijzonderheden en/of schets van de locatie:*

- Noteer in onderstaande tabel de waarden die u ziet op de display van de EMDEX.
- Afhankelijk van het verloop van het veld kan af en toe een afstandsstep worden overgeslagen.

Afstand tot de muur (m)	Starttijd/stoptijd meting (hh:mm:ss)	Gemiddelde veldsterkte * op 1 m hoogte	Opmerkingen
0			
0,25			
0,50			
0,75			
1,00			
1,25			
1,50			
1,75			
2,0			
2,5			
3,0			
3,5			
4,0			
4,5			
5,0			
5,5			
6,0			
6,5			
7,0			
7,5			
8,0			

\* Noteer een geschat gemiddelde gedurende een halve minuut aan het begin van de meetperiode

*Bijzonderheden tijdens de meting:*

.....

.....

.....

.....

.....

## Meetprotocol C      ELF-velden huishoudelijke apparaten

Voor apparaten met een constant magnetisch veld kan een afstandsmeting worden gedaan volgens het veldformulier. Voor apparaten met een sterk wisselend veld is de beste manier om inzicht te krijgen, het hele programma te laten draaien en het verloop te registreren. Eventueel kan dat op een afstand worden gedaan waar zich normaalgesproken mensen bevinden.

Apparaten met een redelijk constant veld:

- babyfoon
- computer
- haarföhn
- koelkast
- stofzuiger
- scheerapparaat
- telefoon
- televisie
- waterkoker
- wekkerradio

Apparaten met een sterk wisselend veld

- vaatwasser
- wasmachine

### Meetprocedure apparaten in het veld

- Meet voor zover mogelijk, in de bestaande situatie, rondom het apparaat in werking en bepaal in welke richting de hoogste waarde voorkomt door de display af te lezen.
- Meet in de richting met de hoogste waarde in een rechte lijn op de afstanden in de tabel in het 'Veldformulier - huishoudelijke apparaten': per meetpunt gedurende één minuut laten registreren.
- Meet op een standaardhoogte (de preciese hoogte is afhankelijk van de plaatsing van het apparaat. Bij een televisie bijvoorbeeld op hoogte van het scherm meten).
- Ga hiermee door tot de meetwaarde tot beneden  $0,4 \mu\text{T}$  is gedaald.
- Meet op 10 cm afstand gedurende een minuut terwijl het huishoudelijke apparaat uit staat.
- Meet op 10 cm afstand gedurende een minuut met het huishoudelijke apparaat in de stand by-stand; als deze waarde hoger is dan  $0,4 \mu\text{T}$ , herhaal dan de meetreeks op de diverse afstanden (gebruik een nieuw veldformulier).
- Maak enkele foto's van de locatie (optioneel; bewoner om toestemming vragen!).

### Uitwerken van de data (apparaat met constant veld)

Importeer vanuit EMDEX LITE de .txt file van de meting in Excel. Verwijder per afstand drie meetwaarden voor en na de verplaatsing van de meter.

- Bereken voor elke afstand van het apparaat het gemiddelde van de metingen gedurende de meetperiode. Of, minder nauwkeurig, kies ervoor de data die zijn genoteerd op het veldformulier, in Excel te zetten.
- Maak een grafiek van de gemiddelde waarde van het magnetische veld versus de afstand (Chart Wizard, XY scatter, line).
- Schat uit de grafiek (bijvoorkeur met het magnetische veld weergegeven op een log-schaal) de afstand waarop de jaargemiddelde veldsterkte gelijk is aan  $0,4 \mu\text{T}$ .

### **Uitwerken van de data (apparaat met wisselend veld)**

- Importeer vanuit EMDEX LITE de .txt file van de meting in Excel.
- Bereken het gemiddelde magnetische veld van de meetperiode (bijvoorbeeld een volledige doorloop van een programma van een wasmachine)

Indien er een schatting gemaakt dient te worden van de jaargemiddelde blootstelling als gevolg van het betreffende apparaat, houd dan rekening met de gemiddelde gebruiksduur en gebruiksafstand (zie paragraaf 7.3)

### **Geschatte tijdsbesteding (uren)**

Voorbereidingen	1
Uitvoeren meting (per apparaat)	0,5
Uitlezen en uitwerken data	2

## VELDFORMULIER C - HUISHOUDELIJKE APPARATEN

Datum meting	
Monsternemer	
Nummer van de EMDEX LITE	
Eenheid display EMDEX ( $\mu$ T of mG)	
Datum invoeren meetdata in pc	
Naam van de file	

### Locatie woning

	<b>invulopties</b>	
Locatie woning	adres, postcode of X/Y-coördinaat	
Soort woning	rijtjeshuis, flat, beneden/midden/bovenetage	
Omgeving woning	vrij liggend, bebouwing in omgeving	

Is er een hoogspanningskabel op een afstand < 200 m? ja/nee  
 Is er een onderstation/transformatorhuisje op een afstand < 10 m? ja/nee

### Huishoudelijk apparaat 1

Soort apparaat	
Merk	
Type	
Hoe oud is het apparaat (jaren)	
Vermogen (W)	
Apparaten (die aanstaan) in directe nabijheid	

### Meting

→ Afhankelijk van verloop van het veld kan af en toe een afstands-stap worden overgeslagen.

Afstand tot buitenkant van het apparaat (m)	Starttijd/ stoptijd (hh:mm:ss)	gemiddelde veldsterkte *	opmerkingen
0			
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
0,75			
1,0			
1,5			
2,0			
3,0			
4,0			
5,0			



Apparaat stand by (10 cm)			
Apparaat uit (10 cm)			

\* Noteer een geschat gemiddelde gedurende een halve minuut aan het begin van de meetperiode

### Huishoudelijk apparaat 2

Soort apparaat	
Merk	
Type	
Hoe oud is het apparaat (jaren)	
Vermogen (W)	
Apparaten in directe nabijheid	

Afstand tot buitenkant van het apparaat (m)	Starttijd/ stoptijd (hh:mm:ss)	gemiddelde veldsterkte *	opmerkingen
0			
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
0,75			
1,0			
1,5			
2,0			
3,0			
4,0			
5,0			
Apparaat stand by (10 cm)			
Apparaat uit (10 cm)			

\* Noteer een geschat gemiddelde gedurende een halve minuut aan het begin van de meetperiode

**Huishoudelijk apparaat 3**

Soort apparaat	
Merk	
Type	
Hoe oud is het apparaat (jaren)	
Vermogen (W)	
Apparaten in directe nabijheid	

Afstand tot buitenkant van het apparaat (m)	Starttijd/ stoptijd (hh:mm:ss)	Gemiddelde veldsterkte *	Opmerkingen
0			
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
0,75			
1,0			
1,5			
2,0			
3,0			
4,0			
5,0			
Apparaat stand by (10 cm)			
Apparaat uit (10 cm)			

\* Noteer een geschat gemiddelde gedurende een halve minuut aan het begin van de meetperiode

## **Meetprotocol D      ELF-velden op plekken in woningen**

### **Selectie meetlocatie en te meten plekken**

Indien een GGD de veldsterkte in een woning wil meten, kan gebruik worden gemaakt van dit protocol, eventueel in combinatie met het meten van de veldsterkte van huishoudelijke apparaten.

### **Meetprocedure plekken in een woning**

- Leg het meetinstrument op een aantal plekken die in de tabel in het ‘Veldformulier- plekken in woningen’ is genoemd.
- Laat het meetinstrument gedurende dertig minuten registreren (tussendoor niet uitzetten!).
- Leg het meetinstrument op de volgende plek die in de tabel in het ‘Veldformulier- plekken in woningen’ is genoemd.
- Noteer het starttijdstip van de meting op het veldformulier.
- Maak enkele foto’s van de locatie (optioneel; bewoner om toestemming vragen!).

### **Geschatte tijdsbesteding per woning (uren)**

Voorbereidingen	1
Uitvoeren meting (exclusief reistijd)	4
Uitlezen data	1
Uitwerken data	1

### **Uitwerken van de data**

- Importeer vanuit EMDEX LITE de .txt file van de meting in Excel.
- Bereken voor elke plek het gemiddelde van de metingen gedurende de meetperiode.

## VELDFORMULIER D - PLEKKEN IN WONINGEN

Datum meting	
Monsternemer	
Datum invoeren meetdata in pc	
Naam van de file	
Nummer van de EMDEX LITE	
Eenheid display EMDEX ( $\mu$ T of mG)	

### Locatie woning

	<b>invulopties</b>	
Locatie woning	adres, postcode of X/Y-coördinaat	
Soort woning	rijtjeshuis, flat, beneden/midden/bovenetage	
Omgeving woning	vrij liggend, bebouwing in omgeving	
Hoogspanningskabel op < 200 m afstand	ja/nee	
Transformatorhuisje op <10 m afstand	ja/nee	

### Meting

Locatie van meetinstrument	Welke apparaten staan aan binnen 1 m van deze plek?	Start/stoptijd (hh:mm:ss)	Gemiddelde veldsterkte*	Opmerking
Op de bank in de woonkamer				
Op de eettafel in de woonkamer				
Op een stoel voor het aanrecht in de keuken				
In bed in de slaapkamer				
Op werkafstand en bureau-hoogte voor de pc				
In de badkamer (op 1 m hoogte)				

\* Noteer een geschat gemiddelde gedurende een halve minuut aan het begin van de meetperiode

# Bijlage I      Communicatie over de metingen

Onderstaande teksten werden in het project gebruikt om informatie te verschaffen aan gemeenten en te laten weten waar mensen met vragen terecht konden. Delen ervan kunnen mogelijk gebruikt worden bij metingen door GGD'en.



*Datum: augustus 2008*

**Doelgroep van deze informatie:**

- RIVM-Voorlichting
- Afdeling voorlichting van gemeenten waar metingen uitgevoerd worden.

**Aanleiding voor deze informatie:**

In de maanden september en oktober 2008 zullen in uw gemeente metingen worden uitgevoerd naar elektro-magnetische velden die samenhangen met het transport van elektriciteit, de zogenaamde ELF-velden. De metingen worden zowel buitenshuis gedaan als binnenshuis. Het is mogelijk dat er naar aanleiding van de metingen vragen komen van omwonenden.

Voor uw gemeente betreft het:

Datum:

Plaats:

**Waarom wordt het onderzoek uitgevoerd?**

GGD'en krijgen steeds meer vragen van burgers over ELF-velden. Meestal gaan die vragen over de risico's van bovengrondse hoogspanningslijnen, waar de GGD'en inmiddels veel kennis over hebben. Van andere bronnen van ELF-velden zijn er echter nog maar weinig gegevens beschikbaar, terwijl er wel vragen worden gesteld. De GGD'en hebben het RIVM daarom gevraagd een beperkt aantal metingen uit te voeren. De resultaten zullen de GGD'en helpen om toekomstige vragen beter te kunnen beantwoorden.

**Welke metingen worden gedaan?**

In het onderzoek worden metingen gedaan bij de volgende bronnen, op vijf verschillende plekken in Nederland:

- transformatorhuisjes
- ondergrondse hoogspanningslijnen
- huishoudelijke apparaten
- het veld in woningen

**Wat gebeurt er tijdens een meting?**

Met kleine apparaten wordt op 1 meter hoogte op verschillende afstanden van de bron gemeten. De totale meting neemt naar verwachting twee uur in beslag. De gegevens worden opgeslagen op een laptop.

**Waarom op deze locatie?**

De meetlocaties zijn voornamelijk op praktische gronden gekozen: is er ruimte om te meten, is er informatie van de netbeheerder en heeft de GGD interesse om mee te doen aan het onderzoek. De locaties zijn dus niet geselecteerd omdat er klachten zijn van bewoners/omwonenden, of omdat specifiek daar een bepaalde blootstelling wordt verwacht.

**Wie voert het onderzoek uit?**

Medewerkers van het RIVM voeren de metingen uit, samen met de lokale GGD.

**Wat gebeurt er met de resultaten?**

De resultaten worden samengevoegd in een RIVM-rapport. Er worden geen lokale resultaten bekendgemaakt: per type bron wordt aangegeven wat het gemiddelde en de range van de vijf metingen was.

**Contactpersonen voor nadere informatie:**

- Voor de gemeente: plaatselijke GGD, <medewerker + telefoonnummer invullen>.
- Voor RIVM-voorlichting: centrum voor Gezondheid en Milieu (Ellis Franssen, Nienke van Kuijeren of Annelike Dusseldorp).

Voor vragen over ELF-velden en gezondheid kunnen burgers overigens altijd terecht bij de afdeling medische milieukunde van hun plaatselijke GGD. Het RIVM kan de GGD'en daarbij ondersteunen, maar beantwoordt geen vragen van burgers.

**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)