



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Nieuwe schatting aantal **kinderen met leukemie** bij bovengrondse hoogspanningslijnen

Nieuwe schatting aantal kinderen met leukemie bij bovengrondse hoogspanningslijnen

RIVM-rapport 2024-0196

Colofon

© RIVM 2025

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.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0196

G. Kelfkens (auteur), RIVM
M. Pruppers (auteur), RIVM

Contact:
Gert Kelfkens
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
info@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Klimaat en Groene Groei, Directoraat-Generaal Klimaat en Energie, directie Strategie Energiesysteem: M/460106/24 Beleidsondersteuning EMV-ELF

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Nieuwe schatting aantal kinderen met leukemie bij bovengrondse hoogspanningslijnen

In de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen ontstaan magneetvelden. Er zijn aanwijzingen dat kinderen die bij zo'n hoogspanningslijn wonen mogelijk een grotere kans hebben om leukemie te krijgen, maar er is geen bewijs dat de magneetvelden hier de oorzaak van zijn. Door de ernst van de mogelijke gezondheidseffecten en de bezorgdheid van omwonenden heeft de overheid hier in 2005 voorzorgbeleid voor gemaakt.

Met dit beleid wil de overheid voorkomen dat er nieuwe situaties ontstaan waarin kinderen lange tijd in de magneetveldzone van bovengrondse hoogspanningslijnen verblijven. Dit betekent dat gemeenten wordt geadviseerd binnen een zone rond de hoogspanningslijn geen nieuwe woningen, crèches, scholen of kinderdagverblijven te bouwen. Afhankelijk van de sterkte van het magneetveld ligt de breedte van deze zone tussen 30 en 185 meter.

Het RIVM heeft opnieuw een schatting gemaakt van het aantal kinderen dat in Nederland elk jaar leukemie zou kunnen krijgen doordat zij in de buurt van hoogspanningslijnen wonen. De vorige schatting was uit 2003. De nieuwe schatting is dat elk jaar tussen 0 en maximaal 0,5 kinderen leukemie kunnen krijgen door de aanwezigheid van een bovengrondse hoogspanningslijn.

De schatting voor het maximale aantal kinderen is hetzelfde gebleven als in 2003 (0,5). De schatting van het minimale aantal kinderen is kleiner geworden: deze gaat van 0,4 naar 0. Dat komt omdat de kans op leukemie bij kinderen die bij hoogspanningslijnen wonen volgens de nieuwste wetenschappelijke onderzoeken lager wordt ingeschat. Dit betekent dat het ook mogelijk is dat de magneetvelden dichtbij bovengrondse hoogspanningslijnen geen leukemie bij kinderen veroorzaken.

Voor deze nieuwe schatting gebruikte het RIVM de nieuwste internationale wetenschappelijke kennis over de blootstelling van kinderen aan magneetvelden en de kans op schadelijke effecten daarvan voor hun gezondheid. Het RIVM heeft zelf preciezer berekend hoe breed de magneetveldzones rond de hoogspanningslijnen zijn en hoeveel kinderen er in die zones wonen.

Kernwoorden: bovengrondse hoogspanningslijnen, magneetveld, magneetveldzone, relatief risico, kinderleukemie, voorzorgbeleid

Synopsis

New estimate of number of children with leukaemia near overhead high-voltage power lines

The presence of overhead high-voltage power lines in an area creates magnetic fields. Scientific research has provided indications that children who live near such high-voltage power lines may be at higher risk of developing leukaemia. However, there is no evidence that magnetic fields are directly to blame. Due to the serious nature of the potential health effects and the concerns of those who live near high-voltage power lines, the Dutch government drafted a precautionary policy in 2005.

With this policy, the government aims to prevent new situations in which children spend long periods of time in the magnetic field zone of overhead high-voltage power lines. As a consequence, municipalities are advised against building new homes, crèches, schools or day nurseries in magnetic field zones around high-voltage power lines. Depending on the strength of the magnetic field, these zones are between 30 and 185 meters wide.

The Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has made a new estimate of the number of children in the Netherlands who are at risk of developing leukaemia each year because they live near high-voltage power lines. This is an update to an earlier estimate made in 2003. According to the new estimate, at least 0 and at most 0.5 children are at risk of developing leukaemia each year due to the presence of overhead high-voltage power lines.

The estimate for the maximum number of children is the same as in 2003 (0.5).

The estimate for the minimum number of children has been lowered from 0.4 to 0. This is because, according to the latest scientific research, the risk of developing childhood leukaemia due to exposure to magnetic fields is lower than previously thought. It follows that magnetic fields near overhead high-voltage power lines may not cause childhood leukaemia at all.

For this update, RIVM looked at the latest international scientific information on the exposure of children to magnetic fields and the inherent risk of harmful effects on their health. In addition, RIVM performed its own, more exact recalculation of the width of the magnetic field zones around high-voltage power lines and the number of children who live in such zones.

Keywords: overhead high-voltage power lines, magnetic field, magnetic field zone, relative risk, childhood leukaemia, precautionary policy

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

1.1 Achtergrond — 13

1.2 Leeswijzer — 14

2 Bovengrondse hoogspanningslijnen — 17

3 Zones met verschillende magneetveldsterktes bij bovengrondse hoogspanningslijnen — 19

4 Tellen van woningen binnen zones met verschillende magneetveldsterktes — 25

5 Van aantal woningen naar aantal kinderen binnen zones met verschillende magneetveldsterktes — 27

6 Basisincidentie kinderleukemie in Nederland — 31

7 Overzicht schattingen van het relatieve risico — 33

7.1 Vier gepoolde analyses — 33

7.2 Drie meta-analyses — 34

8 Aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland — 37

8.1 Aantallen woningen en kinderen — 37

8.2 Extra leukemierisico — 37

9 Conclusie — 43

Bijlage 1 Rekenprogramma EFC-400 — 45

Bijlage 2 Woningbezetting op postcode niveau — 47

Bijlage 3 Items in 'bag adreslocaties 2023_01' — 48

Referenties — 50

Samenvatting

Er zijn aanwijzingen dat de magneetvelden die ontstaan in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen mogelijk leiden tot een verhoogd risico op leukemie bij kinderen die in de buurt van zo'n hoogspanningslijn wonen. Het wetenschappelijk onderzoek laat een statistisch verband zien, maar er is geen bewijs dat de magneetvelden de oorzaak van het verhoogde risico zijn. Vanwege de mogelijke gezondheidseffecten, de wetenschappelijke onzekerheid daarover en de bezorgdheid bij burgers, maakte de Nederlandse overheid in 2005 beleid op basis van het voorzorgbeginsel. Dit voorzorgbeleid is in 2023 herijkt. Doel van het oorspronkelijke beleid is zo veel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig binnen de magneetveldzone van bovengrondse hoogspanningslijnen verblijven.

Een van de afwegingen bij de beleidsontwikkeling is om hoeveel extra kinderen met leukemie het in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen per jaar kan gaan. Anders gezegd, welk deel van de jaarlijks optredende kinderleukemie kan worden toegeschreven aan de blootstelling bij bovengrondse hoogspanningslijnen. De Wereldgezondheidsorganisatie schatte in 2007, na onderzoek in 11 landen, dat tussen de 0,1 en 4,5 procent van de gevallen van kinderleukemie aan bovengrondse hoogspanningslijnen kan worden toegeschreven, tenminste als er een oorzakelijk verband zou zijn. Ook het RIVM maakte in 2001 en 2003 een schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland. De herberekening uit 2003 gaf aan dat, als er sprake is van een oorzakelijk verband tussen magneetvelden bij hoogspanningslijnen en kinderleukemie, het om 0,4 tot 0,5 extra gevallen van kinderleukemie per jaar zou gaan op een totaal van 110, ofwel ongeveer 0,5 procent.

Om het aantal mogelijk extra gevallen van kinderleukemie te kunnen bepalen is informatie nodig over de ligging van de bovengrondse hoogspanningslijnen, over de zones bij verschillende magneetveldsterktes daaromheen, over het aantal kinderen dat binnen die zones woont, over het aantal kinderen dat elk jaar leukemie krijgt en wat het relatieve risico op leukemie bij een bepaalde sterkte van het magneetveld is. Omdat deze factoren over de afgelopen 20 jaar veranderd zijn, is er reden de schatting uit 2003 te actualiseren.

De nieuwe schatting leverde de volgende (tussen)resultaten op:

- De totale lengte van de bovengrondse hoogspanningslijnen is met minder dan 2 procent toegenomen vergeleken met 2003. Er zijn enkele nieuwe lijnen gerealiseerd. Soms is de spanning en/of het transportvermogen verhoogd en sommige lijnen zijn gedeeltelijk ondergronds gebracht of afgebroken.
- In 2003 werd uitgegaan van één breedte van de magneetveldzone voor alle hoogspanningslijnen met dezelfde spanning. Nu is de magneetveldzone preciezer bepaald met een nieuwe handreiking, apart voor elk vaksegment (dat deel van een hoogspanningslijn tussen twee opeenvolgende masten). Naast de

0,4 microteslazone zijn er voor elk vaksegment nog drie extra zonebreedtes berekend, voor een magneetveldsterkte van 0,2 microtesla, 0,3 microtesla en 0,5 microtesla. De nieuwe methode kan lokaal tot verschillen leiden, maar opgeteld over heel Nederland zijn de ruimtelijke veranderingen minder groot. Het totale ruimtebeslag van de magneetveldzone, bijvoorbeeld, is in 2024 met 540 km² 4 procent lager dan het ruimtebeslag van 565 km² in 2003. De breedte van de magneetveldzone (rekenafstand) in de Netkaart ligt tussen 30 en 185 meter (afstand hartlijn tot rand van de magneetveldzone).

- Het aantal woningen binnen de 0,4 microtesla magneetveldzone is toegenomen van 22.655 in 2003 naar 24.315 woningen nu.
- Het aantal kinderen per woning kon nu beter worden geschat dan in 2003. In 2024 wonen er 9.190 kinderen binnen de 0,4 microtesla magneetveldzone. Dat is bijna 20 procent minder dan de schatting in 2003.
- De basisincidentie voor kinderleukemie in Nederland is in de huidige berekening op basis van de gegevens van de Nederlandse Kankerregistratie 5,2 op 100.000 kinderen per jaar. In 2003 is uitgegaan van 3,8 op 100.000. De incidentiegegevens zijn nu completer. Waarschijnlijk zijn in 2003 niet alle typen kinderleukemie meegenomen.
- De schattingen voor het relatieve risico op leukemie bij een bepaalde sterkte van het magneetveld zijn sinds 2003 gewijzigd. De twee gepoolde analyses¹ in 2000 wezen op een relatief risico van 1,69 respectievelijk 2,00 bij een magneetveldsterkte boven 0,3 microtesla of 0,4 microtesla. De twee gepoolde analyses die over de periode 2000-2022 zijn gepubliceerd, lieten een lager relatief risico zien. In een gepoolde analyse gepubliceerd in 2010 bedroeg het relatieve risico 1,46 voor blootstelling boven 0,4 microtesla. Dit relatieve risico was niet statistisch significant. In 2022 kwam een gepoolde analyse van recentere onderzoeken tot een relatief risico van 1,01.

De hierboven geschetste, geactualiseerde gegevens leiden tot een andere inschatting van het mogelijk aantal extra gevallen van kinderleukemie dan in 2003. In de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen zouden elk jaar 0 tot maximaal 0,5 kinderen leukemie kunnen krijgen als gevolg van de aanwezigheid van die hoogspanningslijnen. Anders geformuleerd: elke twee jaar zou 0 tot maximaal 1 geval van kinderleukemie kunnen worden toegeschreven aan de bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland. Die schatting geldt alleen als er sprake is van een oorzakelijk verband tussen leukemie en de magneetvelden in de buurt van die hoogspanningslijnen. De maximale schatting voor het aantal extra gevallen van kinderleukemie dat mogelijk aan de hoogspanningslijnen is toe te schrijven is niet gewijzigd, die blijft 1 extra kind met leukemie per twee jaar. De ondergrens van de schatting is wel veranderd, deze is verschoven van 0,4 naar 0 extra gevallen per jaar. Dat betekent dat het ook mogelijk is dat de magneetvelden in de buurt van de bovengrondse hoogspanningslijnen niet tot extra kinderleukemie leiden.

¹ In een gepoolde analyse worden de resultaten van verschillende onderzoeken gecombineerd tot een nieuwe schatting van het relatieve risico, op basis van de originele achterliggende gegevens van alle betrokken onderzoeken.

Op dit moment is het niet mogelijk te beoordelen of de afname van het relatieve risico reëel is en welke schatting voor het relatieve risico de beste is. Het RIVM heeft vanuit wetenschappelijk oogpunt en voor de beleidsontwikkeling de taak de wetenschappelijke ontwikkelingen op dit gebied te blijven volgen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Tijdens opwekking, transport, omzetting en gebruik van elektriciteit ontstaan elektrische velden en magneetvelden. Het gaat vooral om extreem-laagfrequente velden (ELF), met een frequentie van 50 of 60 hertz. In 1979 vonden Wertheimer en Leeper een statistisch verband tussen wonen bij het elektriciteitsnet en een hoger risico op leukemie bij kinderen [1]. De afgelopen 45 jaar zijn de mogelijke gezondheidseffecten in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen verder onderzocht. Op basis van vooral het epidemiologisch onderzoek classificeerde het International Agency for Research on Cancer (IARC) – een agentschap van de World Health Organisation (WHO) – de ELF-magneetvelden in 2002 als 'mogelijk carcinogeen voor mensen' [2].

In Nederland adviseerde de Commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad met enige regelmaat over een mogelijk verband tussen leukemie bij kinderen en het wonen in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen [3, 4, 5, 6, 7, 8]. In het meest recente advies uit 2018 over kanker bij kinderen [8] bevestigt de commissie het eerder gevonden statistische verband tussen wonen in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen en een hogere kans op leukemie bij kinderen. De commissie concludeert dat niet bewezen is dat magneetvelden de oorzaak zijn van dit verband, maar dat er wel aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband.

Vanwege de mogelijke gezondheidseffecten, de wetenschappelijke onzekerheid en de bezorgdheid bij burgers, maakte de Nederlandse overheid in 2005 beleid op basis van het voorzorgbeginsel [9]. Dat beleid is in 2008 verduidelijkt [10] en in 2023 herijkt [11]. Doel van het oorspronkelijke beleid is zo veel als redelijkerwijs mogelijk is vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in de magneetveldzone rond bovengrondse hoogspanningslijnen.

Een van de afwegingspunten bij de beleidsontwikkeling is, áls het risico op kinderleukemie in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen verhoogd zou zijn, om hoeveel extra kinderen met leukemie het kan gaan. Anders gezegd, welk deel van de kinderleukemie kan worden toegeschreven aan de blootstelling bij die hoogspanningslijnen. Om dit te kunnen bepalen is informatie nodig over:

1. De ligging van de bovengrondse hoogspanningslijnen;
2. De sterkte van het magneetveld in de buurt van de bovengrondse hoogspanningslijnen (de zones met verschillende magneetveldsterktes);
3. Het aantal woningen dat zich binnen deze zones bevindt;
4. Het aantal kinderen dat in deze woningen woont;
5. Het aantal nieuwe gevallen van kinderleukemie dat jaarlijks in Nederland optreedt (basisincidentie);
6. En de mate waarin het relatieve risico op leukemie bij een bepaalde sterkte van het magneetveld is verhoogd.

De WHO maakte in 2007 een schatting van het percentage van de gevallen van kinderleukemie dat, onder veronderstelling van een oorzakelijk verband, aan bovengrondse hoogspanningslijnen kon worden toegeschreven. Gebaseerd op 15 onderzoeken in 11 landen in de periode 1986-2006 bleek het percentage tussen de landen te variëren tussen 0,1 en 4,5 procent [12]. Mondiaal gezien zou het gaan om 100 tot 2400 extra gevallen van kinderleukemie per jaar.

Het RIVM maakte twee keer een schatting van het mogelijk aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland. De eerste schatting in 2001 was dat 0,2 tot 1 van de ongeveer 110 nieuwe gevallen van kinderleukemie per jaar aan die magneetvelden kan worden toegeschreven [13]. Dit komt neer op een percentage tussen de 0,2 en 0,9 procent. Een herberekening in 2003 gaf aan dat het om 0,4 tot 0,5 extra gevallen van kinderleukemie per jaar zou gaan, ofwel een percentage van ongeveer 0,5 procent [14]. Nog steeds onder de aanname dat de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen de oorzaak zijn van het mogelijk verhoogde risico op kinderleukemie, hetgeen niet is aangetoond.

Inmiddels is deze schatting meer dan 20 jaar oud en hebben zich in alle zes stappen die nodig zijn voor het inschatten van het aantal extra gevallen van kinderleukemie, wijzigingen voorgedaan. De belangrijkste is dat er nieuwe onderzoeken naar het relatieve risico op kinderleukemie bij een bepaalde sterkte van het magneetveld zijn gepubliceerd. De schattingen van het relatieve risico van na 2000 zijn lager dan de analyses uit 2000.

Verder zijn de Nederlandse bovengrondse hoogspanningslijnen en het aantal woningen sinds 2000 veranderd. Dat in combinatie met gedetailleerdere gegevens over de zones met verschillende magneetveldsterktes leidt mogelijk tot andere aantallen 'blootgestelde' woningen. De bepaling van het aantal kinderen in deze woningen kan nu ook nauwkeuriger. Tot slot veranderde mogelijk ook de basisincidentie voor leukemie. Daarom is het aantal leukemiegevallen bij kinderen dat kan worden toegeschreven aan bovengrondse hoogspanningslijnen opnieuw geschat.

1.2 Leeswijzer

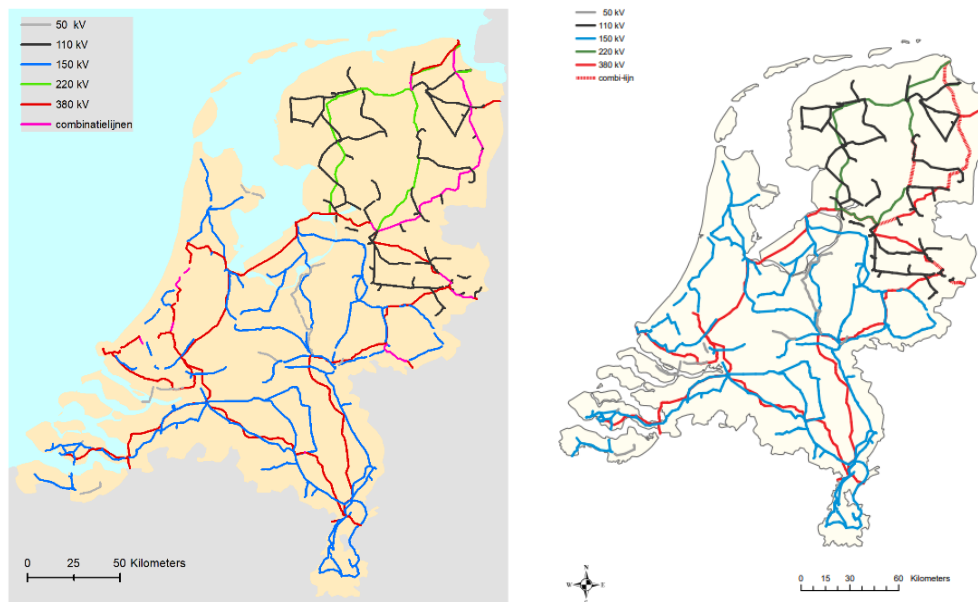
Het doel van dit rapport is een recentere schatting maken van het mogelijk aantal extra gevallen van kinderleukemie dat kan worden toegeschreven aan wonen in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen. Om die schatting op te kunnen stellen, worden in dit rapport de volgende stappen beschreven. Hoofdstuk 2 beschrijft het netwerk van bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland. Hoofdstuk 3 schetst de manier waarop de zones met verschillende magneetveldsterktes rond bovengrondse hoogspanningslijnen zijn berekend. Hoofdstuk 4 laat zien hoe het aantal woningen binnen deze zones is bepaald. Hoofdstuk 5 beschrijft hoe het aantal kinderen in de woningen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes is bepaald. Hoofdstuk 6 gaat in op de bepaling van de basisincidentie voor leukemie bij kinderen in Nederland. Hoofdstuk 7 beschrijft de recente internationale inzichten in het verband tussen het relatieve risico op

leukemie bij kinderen en de sterkte van het magneetveld. Hoofdstuk 8 geeft dan, op basis van de gegevens in de hoofdstukken 5, 6 en 7 de schatting voor het aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen. Hoofdstuk 9 sluit het rapport af met de conclusie.

2 Bovengrondse hoogspanningslijnen

De bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland hebben een totale lengte van ongeveer 4.055 kilometer. Deze lengte is bepaald door de lengte van alle vaksegmenten van die hoogspanningslijnen bij elkaar op te tellen. Een vaksegment is het deel van een hoogspanningslijn tussen twee opeenvolgende masten. De spanningsniveaus zijn: 50 kV (130 km), 110 kV (780 km), 150 kV (1580 km), 220 kV (300 km), 380 kV (1015 km) en combinatielijnen (250 km) waar circuits van verschillende spanning aan dezelfde mast hangen. De gegevens over locatie en spanning van de hoogspanningslijnen zijn ontleend aan het Dataregister EM-velden dat jaarlijks door TenneT aan het RIVM ter beschikking wordt gesteld. Voor de berekeningen in dit rapport is het Dataregister van december 2023 gebruikt. TenneT is verantwoordelijk voor de kwaliteit van de gegevens in het Dataregister. Het Dataregister bevat ook de andere karakteristieken van de bovengrondse hoogspanningslijnen die voor het berekenen van de magneteveldzone nodig zijn.

Figuur 1 vergelijkt de bovengrondse hoogspanningslijnen van december 2023 met de bovengrondse hoogspanningslijnen die voor de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie in 2003 zijn gebruikt (afkomstig uit [15]).



Figuur 1 De bovengrondse hoogspanningslijnen uit de Netkaart van het RIVM die de basis vormen voor de huidige schatting (links) en het netwerk dat voor de schatting in 2003 is gebruikt (rechts).

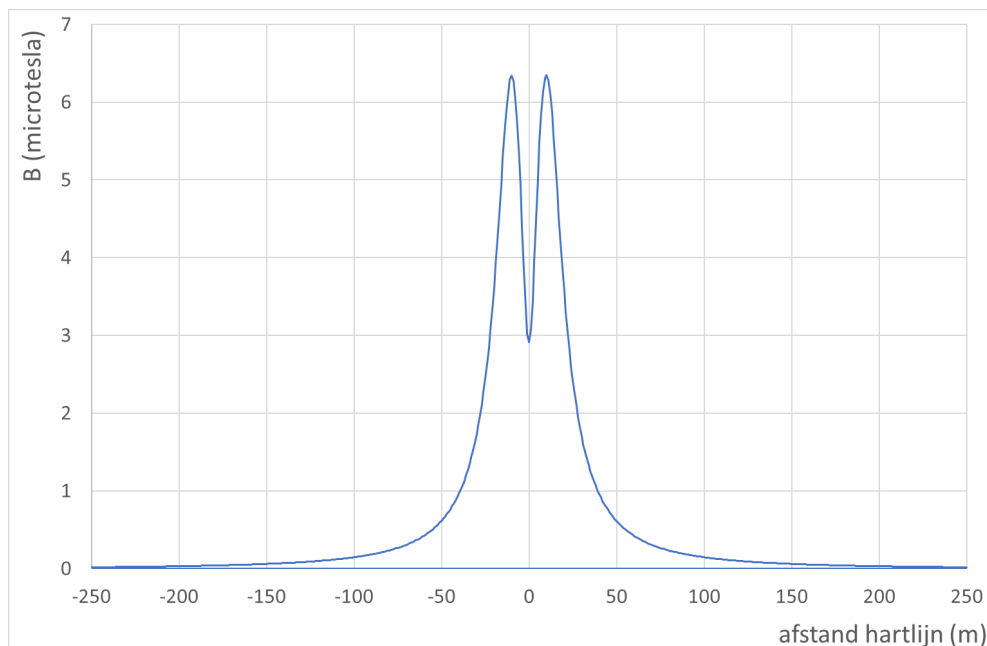
In vergelijking met 2003 is de totale lengte van de bovengrondse hoogspanningslijnen met 1,4 procent toegenomen. Bij de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie in 2003 werd de totale lengte aangegeven als 'ongeveer 4.000 km'. Nu bedraagt deze lengte in de Netkaart 4.055 km. Een aantal 150 kV-lijnen in de Randstad is in

spanning verhoogd naar 380 kV en er zijn 380 kV-lijnen bijgebouwd. Deze lijnen vormen nu de Randstad 380 kV-ring die deels ondergronds is aangelegd en deels is uitgevoerd als combinatielijn. Bij enkele hoogspanningslijnen zijn de geleiders vervangen door geleiders die meer stroom kunnen transporteren, bijvoorbeeld bij de 380 kV-lijn Diemen-Lelystad. De lengte van de combinatielijnen is toegenomen. Een deel van de 50 kV-lijnen is ondergronds gebracht en er hebben op enkele locaties beperkte veranderingen plaatsgevonden.

3 Zones met verschillende magneetveldsterktes bij bovengrondse hoogspanningslijnen

Voor de berekening van de zones met verschillende magneetveldsterktes in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen zijn de gegevens uit het Dataregister EM-velden (december 2023) van TenneT gebruikt. Uit het Dataregister worden eerst vaksegmenten samengesteld. Een vaksegment is het deel van een hoogspanningslijn tussen twee opeenvolgende masten met de daarbij behorende geleiders. Voor elk vaksegment is op basis van de gegevens in het Dataregister een magneetveldprofiel midden tussen de twee masten berekend. De berekening van het magneetveldprofiel is uitgevoerd met het programma EFC-400². Dit is de standaard voor berekeningen door het RIVM. De precieze berekeningswijze staat in de RIVM Handreiking 5.0 [16]. Dat betekent dat voor elk vaksegment uitgegaan is van de configuratie in het Dataregister (spanning, stroom, afstand tussen masten, positie geleiders, doorhang geleiders, fasevolgorde). De stroom in de berekening is, net als in de Handreiking, voor de 380 kV en 220 kV-circuits een continue belasting van 30 procent van de ontwerpstroom in het Dataregister. Voor de 150 kV en 110 kV-circuits is dat 50 procent van de ontwerpstroom. Voor meer dan 90 procent van de hoogspanningslijnen lag de stroom door de circuits in 2011 en 2013, gemiddeld over een jaar, lager dan deze 30 of 50 procent [17].

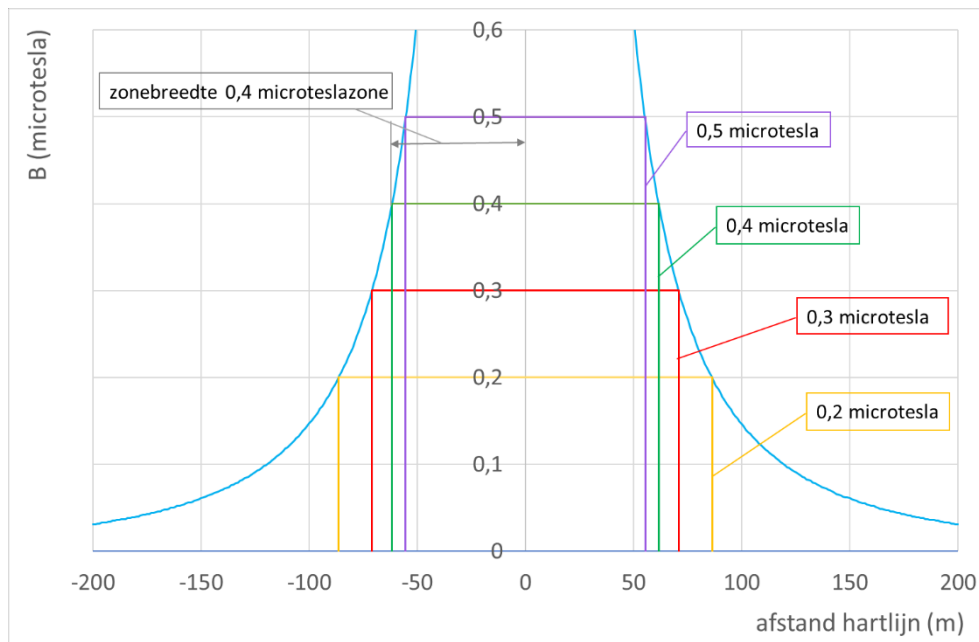
Figuur 2 toont een voorbeeld van een magneetveldprofiel. Dit voorbeeld zal in dit rapport nog vaker terugkomen.



Figuur 2 Magneetveldprofiel voor het vaksegment tussen mast 19 en 20 van de 150 kV-lijn Utrecht Lageweide–Soest.

² Een programmapakket ontwikkeld door de Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie in Berlijn samen met Narda Safety Test Solutions. Voor details zie Bijlage 1.

Voor de zo berekende profielen is voor elk vaksegment bepaald op welke afstand van het hart van de hoogspanningslijn het magneetveld de waarde van 0,2 microtesla, 0,3 microtesla, 0,4 microtesla of 0,5 microtesla bereikt; zie Figuur 3. Deze magneetveldsterktes zijn gekozen omdat het RIVM in [13] aangeeft dat het relatieve risico mogelijk is verhoogd bij veldsterktes hoger dan ergens tussen 0,2 en 0,5 microtesla. In dit rapport betekent 'zonebreedte' de afstand van het hart van de hoogspanningslijn tot de magneetveldcontour. Voor de 0,4 microtesla zonebreedte (magneetveldzone) is dat in Figuur 3 met de dubbele pijl aangegeven. Het totale gebied waar de 0,4 microtesla wordt overschreden is meestal twee keer zo breed.



Figuur 3 Bepaling van de breedte van zones met verschillende magneetveldsterktes uit het magneetveldprofiel voor het vaksegment tussen mast 19 en 20 van de 150 kV-lijn Utrecht Lageweide – Soest.

De zones met verschillende magneetveldsterktes worden (van bovenaf gezien) begrensd door een rechte lijnen evenwijdig aan de hartlijn op de berekende afstand. Daarmee leggen de zones het gebied ter weerszijden van de lijn vast waar de sterkte van het magneetveld (jaargemiddeld) boven de aangegeven waarde van het magneetveld ligt.

Om verwarring te voorkomen worden de verschillend zones op de volgende manier aangegeven. De term 'magneetveldzone', zonder nadere aanduiding, verwijst naar de zone die hoort bij de magneetveldsterkte van 0,4 microtesla en sluit aan bij de terminologie in het voorzorgsbeleid bij bovengrondse hoogspanningslijnen. Voor de zones die horen bij andere sterktes van het magneetveld wordt dat steeds expliciet aangegeven: 0,2 microtesla zone, 0,3 microtesla zone en 0,5 microtesla zone. Alle vier de zones worden gezamenlijk aangeduid als 'zones met verschillende magneetveldsterktes'.

Voor het in Figuur 3 weergegeven vaksegment levert dit de in Tabel 1 weergegeven zones met verschillende magneetveldsterktes. Bij

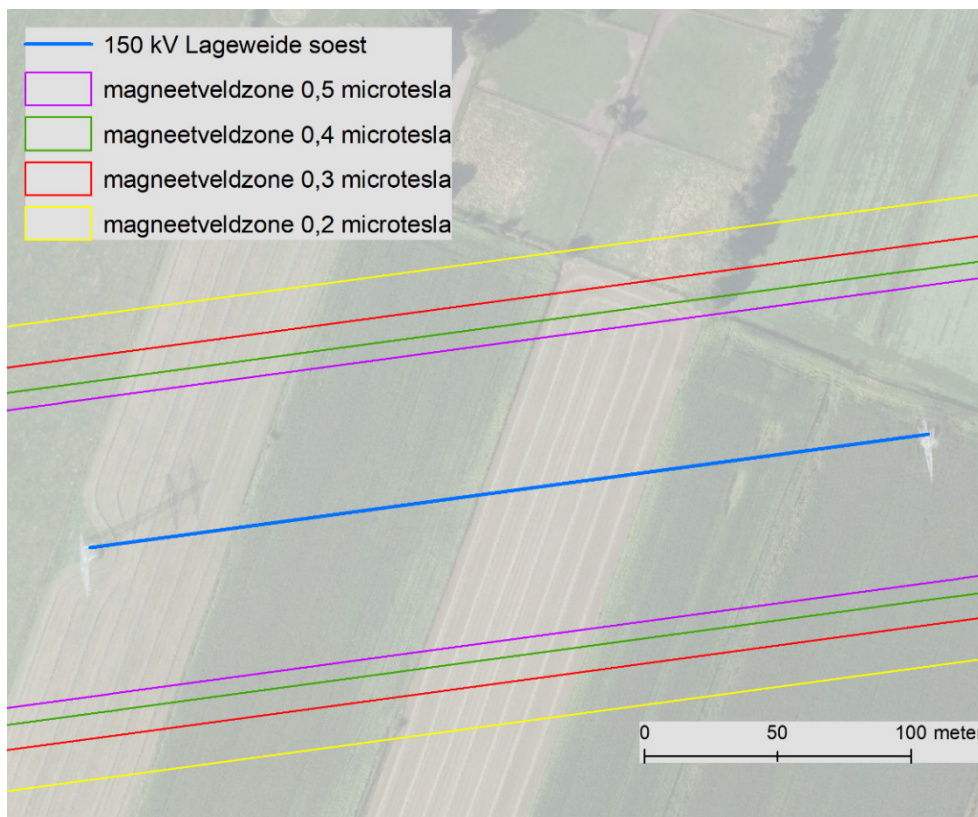
asymmetrische profielen, als de afstanden tot de hartlijn waar een bepaalde magneetveldsterkte wordt bereikt, links en rechts van de hoogspanningslijn verschillen, wordt de grootste afstand als zonebreedte genomen.

Voor de 50 kV-lijnen die door de regionale netbeheerders worden beheerd, zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar om een magneetveldprofiel te kunnen berekenen. Dit spanningsniveau krijgt voor alle vaksegmenten een zonebreedte (afstand zone -> hartlijn) van 40 meter, de 'worst-case' voor de 0,4 microtesla zone van elk vaksegment. Voor de 50 kV-lijnen wordt die zonebreedte ook voor de schatting van de zonebreedte voor de andere magneetveldsterktes (0,2 microtesla; 0,3 microtesla; 0,5 microtesla) gebruikt. Deze aanpak is niet optimaal en leidt waarschijnlijk tot overschatting van het aantal woningen in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen binnen die zones. Omdat de lengte van het 50 kV-net 130 kilometer bedraagt op een totaal van 4055 kilometer is het effect op het berekende aantal extra gevallen van kinderleukemie buiten beschouwing gelaten.

Tabel 1 Zones met verschillende magneetveldsterktes voor het vaksegment tussen mast 19 en 20 van de 150 kV-lijn Utrecht Lageweide – Soest

magneetveldsterkte	afstand zone -> hartlijn (m)
0,2 microtesla	86
0,3 microtesla	71
0,4 microtesla (magneetveldzone)	62
0,5 microtesla	55

Op deze manier zijn voor alle vaksegmenten in de Netkaart de verschillende zonebreedtes bepaald. De gegevens voor de hoogspanningslijnen en de berekende zonebreedte zijn in het geografisch informatiesysteem informatiesystemen (Esri ArcGIS) van het RIVM geïmporteerd. In dat systeem zijn vier ruimtelijke buffers om de bovengrondse hoogspanningslijnen gelegd die voor elk vaksegment op de berekende vier afstanden liggen (Figuur 4).



Figuur 4 Ligging van de vier zones met verschillende magneetveldsterktes voor het vaksegment tussen mast 19 en 20 aan weerszijden van de 150 kV-lijn Utrecht Lageweide–Soest.

De schatting van het mogelijk aantal extra gevallen van kinderleukemie uit 2003 is niet gebaseerd op een breedte van de magneetveldzone per individuele hoogspanningslijn of per vaksegment. Voor de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie is toen uitgegaan van het 50 percentiel van de zonebreedtes per spanningsniveau zoals die zijn ingeschat in een onderzoek van KEMA/RIVM [18]. Deze waarden zijn weergegeven in Tabel 2. Voor elke hoogspanningslijn met een bepaalde spanning werd in 2003 steeds de aangegeven vaste afstand in kolom 2 als zonebreedte gehanteerd.

Bij de berekening in dit rapport is uitgegaan van de zonebreedte per vaksegment. Deze schatting houdt rekening met de ontwerpbelasting van de geleiders, de positie van de geleiders (hoogte en laterale afstand), de fasevolgorde en de doorhang. Alle vaksegmenten binnen een hoogspanningslijn samen, leveren dan een nauwkeurigere schatting voor de magneetveldzone van een bepaalde hoogspanningslijn dan op basis van één vaste waarde per spanningsniveau.

Het is lastig deze verdeling van zonebreedtes per vaksegment zoals die in dit rapport gebruikt is te vergelijken met de afstanden per spanningsniveau zoals die in 2003 zijn gehanteerd. Om toch een indicatie te krijgen is op basis van de zonebreedtes voor alle vaksegmenten binnen een spanningsniveau het 50-percentiel van de verdeling bepaald. Die percentielen zijn ter vergelijking in kolom 3 van Tabel 2 opgenomen.

Tabel 2 Vergelijking van het 50-percentiel per spanningsniveau van de zonebreedtes uit 2003 [14] met het 50-percentiel van de zonebreedtes per vaksegment (en per spanningsniveau) in dit rapport.

spanning (kV)	zonebreedte (m), 2003	50-percentiel zonebreedtes (m), dit rapport
50	27	40
110	34	39
150	56	58
220	99	85
380	119	99
combi	184	111

Voor de spanningsniveaus van 50 kV, 110 kV en 150 kV ligt het 50-percentiel van de verdeling van de zonebreedtes per vaksegment uit dit rapport hoger dan de zonebreedte in de herberekening van 2003. Voor de 110 kV en 150 kV-hoogspanningslijnen is de toename in 50-percentiel minder dan 15 procent. Voor de 50 kV-lijnen zijn er onvoldoende gegevens om een zoneberekening per vaksegment uit te kunnen voeren, daar is voor alle hoogspanningslijnen een conservatieve schatting van de zonebreedte van 40 meter gekozen. Dat leidt tot een 50-percentiel van 40 meter. Voor de 220 kV, 380 kV en combinatielijnen liggen de 50-percentielen uit de huidige berekening onder die zonebreedtes zoals die in 2003 zijn gehanteerd en ligt de afname tussen 15 en 40 procent.

Een tweede indicatie voor de gevolgen van de wijze van berekenen in dit rapport is het totale ruimtebeslag van de zones met verschillende magneetveldsterktes. Voor de magneetveldzone was het ruimtebeslag in 2003, opgeteld over alle spanningsniveaus ongeveer 565 km² (berekend op basis van [14] en [19]). Uit de berekening in dit rapport volgt, op basis van de magneetveldzone per vaksegment, opgeteld voor alle spanningsniveaus, een totaal ruimtebeslag van ongeveer 540 km² voor de magneetveldzone. Hoewel de methode die nu is gevolgd lokaal tot verschillen met 2003 kan leiden, is het totale ruimtebeslag van de magneetveldzone voor heel Nederland in 2024 enkele procenten afgenomen.

4 Tellen van woningen binnen zones met verschillende magneetveldsterktes

De volgende stap is het tellen van het aantal woningen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes. Basis voor de woningtelling is de RIVM-dataset 'bag adreslocaties 2023_01'. De peildatum is 1 januari 2023. Die dataset is gebaseerd op de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), onderdeel van het overheidsstelsel van basisregistraties. Gemeenten zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit ervan.

Het BAG is de registratie van alle 'verblijfsobjecten', adreslocaties waar wonen, bedrijvigheid of recreatie plaats kunnen vinden. Bijlage 3 geeft een volledig overzicht van de gegevens in de dataset. Voor de berekening in dit rapport zijn de volgende items van belang: OBJECTID, pht (postcode met huisnummer en eventuele toevoeging), woonplaatsnaam, openbareruimtenaam (straat), volledige postcode, pc4 (viercijferige postcode), huisnummer, huisletter, huisnummertoevoeging, gebruiksdoel (bijvoorbeeld woonfunctie), xcoörd (x-coördinaat in het Rijksdriehoeksstelsel) en ycoörd (y-coördinaat in het Rijksdriehoeksstelsel).

Het bestand 'bag adreslocaties 2023_01' bevat 9.624.679 verblijfsobjecten met adreslocatie. Van die verblijfsobjecten hebben er 8.348.706 als gebruiksdoel 'woonfunctie'. Die worden kortheidshalve als woningen aangeduid. Een woning wordt in het bestand weergegeven als een enkel vast punt, zonder het grondoppervlak van de woning mee te nemen. Kinderen bewegen zich vrij door de woning en zullen zich daarom binnenshuis niet altijd op dit precieze punt bevinden.

Binnen dit woningenbestand worden de volgende selecties gemaakt:

- woningen binnen de 0,2 microtesla zone
- woningen binnen de 0,3 microtesla zone
- woningen binnen de 0,4 microtesla zone (magneetveldzone)
- woningen binnen de 0,5 microtesla zone

Voor de zones met verschillende magneetveldsterktes is het aantal woningen binnen de zone bepaald. Tabel 3 geeft in de middelste kolom de resultaten weer.

Tabel 3 Woningen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes uit 2003 [14] en de berekening in dit rapport. Voor 2003 is het aantal woningen teruggerekend uit de schatting van het aantal kinderen en een gemiddelde van 0,49 kind per woning.

zone	2024	2003
0,5 microtesla	20.170	19.185
0,4 microtesla (magneetveldzone)	24.315	22.655
0,3 microtesla	30.510	28.980
0,2 microtesla	40.620	40.205

Het aantal getelde woningen binnen de vier zones is in de huidige analyse toegenomen, met gemiddeld 5 procent. Voor de magneetveldzone bedraagt de toename 7 procent.

Tabel 4 geeft aan hoe het aantal woningen binnen de magneetveldzone verdeeld is over de verschillende spanningsniveaus.

Tabel 4 Woningen binnen de magneetveldzone voor de verschillende spanningsniveaus

spanning (kV)	aantal woningen binnen magneetveldzone	percentage van totaal binnen magneetveldzone
50	695	3
110	1660	7
150	14265	59
220	225	1
380	7000	29
combi	470	2

Uit Tabel 4 wordt duidelijk dat de grootste bijdrage aan het aantal woningen binnen de magneetveldzone, 59 procent, wordt geleverd door de bovengrondse hoogspanningslijnen met een spanning van 150 kV. Daarna dragen de 380 kV-hoogspanningslijnen het meeste bij, 29 procent. Samen zijn de 150 kV-lijnen en de 380 kV-lijnen goed voor bijna 90 procent van het aantal woningen binnen de magneetveldzone.

5 Van aantal woningen naar aantal kinderen binnen zones met verschillende magneetveldsterktes

Voor de uiteindelijke schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie is niet het aantal woningen, maar het aantal kinderen (in de leeftijd 0 tot 15 jaar) bepalend. Er is voor deze leeftijdscategorieën gekozen omdat het internationale onderzoek naar leukemie bij kinderen zich meestal beperkt tot kinderen met een leeftijd van 0 tot 15 jaar. Dat aantal kinderen kan worden afgeleid uit de gegevens die het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) op postcode niveau beschikbaar stelt.

Om het getelde aantal woningen om te kunnen rekenen naar een aantal kinderen, zijn binnen een postcodegebied de volgende gegevens uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen gebruikt:

- aantal kinderen in de leeftijd tot 15 jaar binnen die postcode
- aantal woningen binnen die postcode

Op basis van deze twee gegevens kan de gemiddelde woningbezetting in dat postcodegebied voor kinderen worden bepaald. Door de woningen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes op postcodeniveau te combineren met de woningbezetting kan het aantal kinderen dat binnen die zones woont worden bepaald.

Het CBS verstrekt deze twee gegevens op PC4 (bijvoorbeeld 1111, 1112), PC5 (bijvoorbeeld 1111A, 1111B) en PC6 (bijvoorbeeld 1111AB, 1111AC) niveau. Aantallen worden door het CBS afgerond op het dichtstbijzijnde vijfvoud.

Als er minder dan 5 kinderen of minder dan 5 woningen in een bepaalde klasse vallen, neemt het CBS voor de klasse geen gegevens op. Uit privacyoverweging wordt aan de klasse code '-99997' ('0 - 4/ geheim') toegekend. Hoe kleiner het postcodegebied (PC4, PC5 of PC6), hoe vaker een code '-99997' wordt aangegeven. Over het gehele CBS-bestand gezien geldt dat er op PC4-niveau voor ruim 2 procent van de postcodegebieden geen postcode-specifieke schatting van de woningbezetting kan worden bepaald (zie Bijlage 2). Voor PC5-niveau is dat 8 procent en op PC6-niveau is er voor bijna 52 procent van de postcodegebieden geen woningbezetting te bepalen.

Dit rapport is gebaseerd op een analyse met de CBS-gegevens op PC4 niveau. Voor elk PC-gebied is uit het CBS-bestand de woningbezetting voor kinderen tot 15 jaar afgeleid: zie Tabel 5 voor een voorbeeld. De gegevens zijn afgeleid uit: '2024-cbs_pc4_2023_v1.zip', gedownload op 13 augustus 2024. De cursief aangegeven kolommen komen direct uit het CBS-bestand, de woningbezetting (laatste kolom) volgt uit eigen berekening.

Tabel 5 Voorbeeld van CBS-gegevens op postcode4-niveau

postcode 4	inwoners (totaal)	inwoners (tot 15 jaar)	woningen (totaal)	woningbezetting (tot 15 jaar)
3711	1790	275	775	0,35
3712	3425	660	1495	0,44
3721	8375	1625	3875	0,42
3722	4575	680	2315	0,29
3723	10155	1725	4590	0,38

Aan elke woning binnen een zone is op basis van de PC4, de woningbezetting voor kinderen tot 15 jaar toegekend. Optellen van de woningbezetting voor alle woningen binnen de zone levert het totaal aantal kinderen.

Als er voor een woning geen woningbezetting kan worden berekend, is uitgegaan van de gemiddelde woningbezetting voor heel Nederland. Dat aantal is afgeleid uit het totaal aantal woningen in Nederland van 8.348.706 (zie hoofdstuk 4) en het CBS-bestand voor 2023 [20]. Tabel 6 geeft een overzicht van de getallen die dan voor de woningbezetting zijn gebruikt. In 2003 is gerekend met een gemiddelde woningbezetting van 2,6 inwoners en 0,49 kinderen tot 15 jaar.

Tabel 6 Gemiddelde woningbezetting voor Nederland, uitgaande van de aangegeven aantallen inwoners en 8.348.706 woningen in totaal

categorie	aantal inwoners	woningbezetting
alle leeftijden	17.811.291	2,13
0 tot 15 jaar	2.727.377	0,33

Tabel 7 geeft een vergelijking van de kinderaantallen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes zoals die in 2003 zijn geteld en de aantallen die uit de huidige berekening (2024) volgen.

Tabel 7 Kinderen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes in de rapportage uit 2003 [14] en de berekening in dit rapport.

zones	aantal kinderen, schatting 2024	aantal kinderen, schatting 2003
0,5 microtesla	7.595	9.400
0,4 microtesla (magneetveldzone)	9.190	11.100
0,3 microtesla	11.525	14.200
0,2 microtesla	15.450	19.700

Hoewel het aantal woningen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes (Tabel 3) met 5 procent is toegenomen valt het aantal kinderen binnen die zones in de huidige berekening ongeveer 20 procent lager uit dan de schatting van 2003. Dat komt omdat de schatting van de woningbezetting in de huidige berekening lager ligt dan de schatting in 2003. Het gemiddeld aantal kinderen per woning in Nederland in 2024 (Tabel 6) is met 0,33 kleiner dan het Nederlands gemiddelde van 0,49 kind per woning dat bij de schatting in 2003 werd

gehanteerd. De gemiddelde woningbezetting nu is ruim 30 procent lager. De lagere woningbezetting kan mogelijk worden verklaard uit het aantal Nederlandse kinderen dat iets is afgenomen, van 2,9 miljoen naar ongeveer 2,7 miljoen. Maar ook doordat het aantal woningen is toegenomen van 5,9 naar 8,3 miljoen, een toename met ruim 40 procent. Het is mogelijk ook te verklaren door het gebruik in 2024 van een gedetailleerdere schatting van de woningbezetting per PC4 gebied.

Voor de huidige berekening is de gemiddelde woningbezetting voor Nederland minder belangrijk omdat het aantal kinderen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes wordt geteld op basis van de woningbezetting in een postcodeviergebied en niet op basis van het landelijk gemiddelde. Tabel 8 geeft weer wat de invloed van deze andere aanpak is. Daarin worden de kinderaantallen die volgen uit de telling met de woningbezetting per postcodeviergebied vergeleken met de aantallen die uit de woningbezetting voor kinderen gemiddeld over heel Nederland (0,33) volgen.

Tabel 8 Aantal kinderen binnen de zones met verschillende magneetveldsterktes. Geteld op basis van de woningbezetting in het postcodeviergebied (kolom 2) en geschat op basis van een gemiddeld aantal kinderen per woning voor Nederland van 0,33.

zone	kinderen (uit PC4 telling)	kinderen (uit gemiddelde)
0,5 microtesla	7.595	6.590
0,4 microtesla (magneetveldzone)	9.190	7.945
0,3 microtesla	11.525	9.965
0,2 microtesla	15.450	13.270

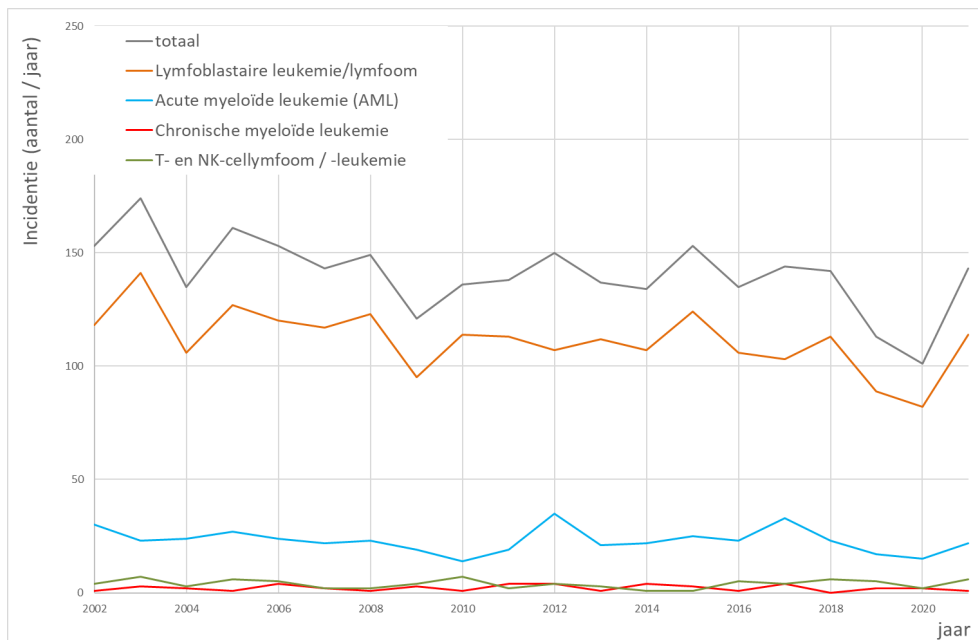
De telling van het aantal kinderen op basis van de woningbezetting binnen het postcodeviergebied valt hoger uit dan de schatting op basis van het over Nederland gemiddeld aantal kinderen per woning (Tabel 8). Gemiddeld over de vier zones met verschillende magneetveldsterktes ligt de schatting op basis van de woningbezetting per postcodeviergebied 16 procent hoger. Dat wijst erop dat de woningbezetting door kinderen in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen hoger is dan gemiddeld voor kinderen in Nederland. Binnen de magneetveldzone, bijvoorbeeld, is de woningbezetting 0,38 kinderen per woning. Dat is ook 16 procent hoger dan het Nederlands gemiddelde van 0,33 kinderen per woning.

6 Basisincidentie kinderleukemie in Nederland

Leukemie wordt door de Nederlandse Kankerregistratie (NKR) geregistreerd. Het gaat bij kinderen vooral om de volgende vier typen:

- Lymfoblastaire leukemie/lymfoom
- Acute myeloïde leukemie
- Chronische myeloïde leukemie
- T- en NK-cel lymfoom/leukemie

Figuur 5 brengt in beeld het verloop in de tijd van de basisincidentie van de vier verschillende leukemietypen voor kinderen over de afgelopen 20 jaar (2002-2021), en de totale incidentie.



Figuur 5 Basisincidentie van leukemie bij kinderen (leeftijd 0 tot 15 jaar), totaal en opgesplitst in de vermelde leukemie types, over de periode 2002-2021. Bron: <https://iknl.nl/nkr/NKR-cijfers>, geraadpleegd 15 februari 2024.

Kinderen krijgen vooral lymfoblastaire leukemie (waaronder acute lymfatische leukemie (ALL)) en acute myeloïde leukemie. Leukemie komt meestal voor bij jonge kinderen, 49 procent van de gevallen ligt in de leeftijdscategorie 0 tot en met 4 jaar, 28 procent in de categorie 5 tot en met 9 jaar en 23 procent in de categorie 10 tot en met 14 jaar. Gemiddeld over de periode van 20 jaar bedraagt de basisincidentie voor kinderen in Nederland 141 nieuwe gevallen van kinderleukemie per jaar. Het totaal aantal kinderen bedraagt ongeveer 2,7 miljoen (Tabel 6). Dat komt neer op een basisincidentie van 5,2 op de 100.000 kinderen per jaar.

Deze schatting ligt hoger dan de basisincidentie in de schatting uit 2001, die in het rapport uit 2003 is overgenomen. In 2001 werd uitgegaan van 110 nieuwe gevallen op 2,9 miljoen kinderen, een basisincidentie van 3,8 op de 100.000 kinderen per jaar. Waarschijnlijk is de bepaling van

het aantal leukemiegevallen nu completer en is in 2001 mogelijk alleen de lymfoblastaire kinderleukemie meegenomen. Het rapport [13] geeft daar geen nadere informatie over. Ook uit het achterliggende signaleringsrapport uit 1999 [21] wordt dat niet duidelijk. Als we terugkijken in de NKR-registratie (<https://iknl.nl/nkr/NKR-cijfers>) is de leukemie incidentie bij kinderen bijvoorbeeld in 1998 (het jaar voor de publicatie van het signaleringsrapport): lymfoblastaire leukemie 112 nieuwe gevallen, acute myeloïde leukemie 24 nieuwe gevallen, T- en NK cel-lymfoom 8 nieuwe gevallen en chronische myeloïde leukemie 0 nieuwe gevallen. Het totaal van 144 sluit goed aan bij de 141 nieuwe gevallen, gemiddeld over de periode 2002-2021. Het aantal nieuwe gevallen van lymfoblastaire leukemie van 112 (in 1998) sluit goed aan bij de 110 nieuwe gevallen van leukemie die in 2001 werden aangegeven.

7 Overzicht schattingen van het relatieve risico

Sinds de publicatie van Wertheimer en Leeper in 1979 [1] zijn er meer dan 50 publicaties over leukemie bij kinderen die in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wonen verschenen. Omdat de afzonderlijke onderzoeken betrekking hebben op een beperkt aantal kinderen, worden verschillende onderzoeken geaggregeerd. Zo'n aggregatie levert een betrouwbaardere schatting van het relatieve risico dan op basis van de afzonderlijke onderzoeken mogelijk is. Aggregeren kan op verschillende manieren.

- Bij een meta-analyse worden de resultaten van verschillende onderzoeken met overeenkomstige vraagstelling en aanpak gecombineerd tot een nieuwe schatting van het relatieve risico. De meta-analyse gebeurt op basis van samenvattende resultaten van de individuele onderzoeken. Meestal is dat het relatieve risico met betrouwbaarheidsinterval bij een bepaalde blootstelling. Bij een meta-analyse is het niet nodig om de oorspronkelijke gegevens van de individuele onderzoeken te hebben.
- Bij een gepoolde analyse worden ook de resultaten van verschillende onderzoeken met overeenkomstige vraagstelling en aanpak gecombineerd tot een nieuwe schatting van het relatieve risico. Een gepoolde analyse gebeurt op basis van de originele achterliggende gegevens van alle betrokken onderzoeken.

In dit rapport is de schatting van het relatieve risico gebaseerd op vier gepoolde analyses en drie meta-analyses die in de periode 2000-2022 zijn gepubliceerd. Voor deze aanpak is gekozen omdat niet kan worden aangegeven welke schatting van het relatieve risico het beste is.

7.1 Vier gepoolde analyses

In 2000 zijn er twee gepoolde analyses verschenen van de onderzoeken die op dat moment beschikbaar waren. Deze gepoolde analyses zijn deels gebaseerd op dezelfde onderzoeken. Greenland et al. [22] vonden op basis van twaalf onderzoeken een relatief risico $RR=1,69$ [1,25-2,29]³ voor kinderen die woonden bij een magneetveldsterkte boven de 0,3 microtesla. De gepoolde analyse van Ahlbom et al. [23] vond, met strengere inclusiecriteria, op basis van negen onderzoeken een relatief risico $RR=2,00$ [1,27-3,13] bij een magneetveldsterkte boven de 0,4 microtesla. Kheifets et al. [24] publiceerden in 2010 een gepoolde analyses uitgaande van zeven onderzoeken uit de periode 2000 tot 2010. Zij vonden een relatief risico van $RR=1,44$ [0,88-2,36] voor kinderen die woonden bij een magneetveldsterkte boven de 0,3 microtesla en $RR= 1.46$ [0,80 -2,68] voor blootstelling boven 0,4 microtesla. Deze verhoging was niet statistisch significant. De meest recent gepoolde analyse is gepubliceerd door Amoon et al. [25] in 2022. Zij betrokken vier onderzoeken die na 2010 (in 2015 (2), 2016 en 2017) zijn verschenen in hun analyse. Zij vond een relatief risico $RR=1,01$ [0,61-1,66] voor kinderen blootgesteld aan een magneetveldsterkte boven de 0,4 microtesla.

³ Het relatief risico wordt aangegeven met RR, met daarachter tussen vierkante haken het 95%-betrouwbaarheidsinterval dat uit de analyse volgt.

Samenvattend leveren de gepoolde analyses de in Tabel 9 aangegeven schattingen van het relatieve risico op.

Tabel 9 Overzicht van blootstelling, relatief risico (RR) en betrouwbaarheidsintervallen (BI) in de vier gepoolde analyses

auteurs en publicatiejaar	blootstellings-categorie	RR	BI	aantal onderzoeken
Greenland et al., 2000 [22]	> 0,3 microtesla	1,69	[1,25-2,29]	12
Ahlbom et al., 2000 [23]	> 0,4 microtesla	2,00	[1,27-3,13]	9
Kheifets et al., 2010 [24]	> 0,4 microtesla	1,46	[0,80-2,68]	7
Amoon et al., 2022 [25]	> 0,4 microtesla	1,01	[0,61-1,66]	4

7.2 Drie meta-analyses

In 2018 stelde de Gezondheidsraad een meta-analyse op voor alle beschikbare onderzoeken naar leukemie bij kinderen die in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wonen [8]. Deze analyse is niet gepubliceerd in een peer-reviewed wetenschappelijk tijdschrift, maar als onderdeel van een advies aan de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat. De hoofdanalyse leverde op basis van twaalf onderzoeken een schatting van het relatieve risico $RR=1,62$ [1,13-2,34] voor blootstelling aan een magneetveldsterkte van meer dan 0,3 of 0,4 microtesla.

Brabant et al. [26] voerden in 2022 een meta-analyse uit van alle onderzoeken naar kinderleukemie in de buurt van hoogspanningslijnen. Zij analyseerden naast de sterkte van het magneetveld ook de afstand en 'wire codes' ⁴. Voor blootstelling aan magneetvelden boven de 0,4 microtesla vonden zij, in een meta-analyse met twaalf onderzoeken, een relatief risico $RR=1,37$ [1,05-1,80].

Naast de gepoolde analyse van de onderzoeken gepubliceerd in de periode 2010-2020, voerden Amoon et al. [25] ook een meta-analyse van drie gepoolde analyses uit. Deze drie gepoolde analyses gebruiken ongeveer dezelfde inclusiecriteria en methodes, die van Ahlbom et al. [23], Kheifets et al. [24] en Amoon et al. [25] zelf. De meta-analyse van deze drie gepoolde analyses leverde als overall schatting van het relatieve risico voor de 20 onderzoeken gepubliceerd in de periode 1993-2020 $RR= 1,45$ [0,95-2,20].

⁴ Bij 'wire codes' wordt een schatting van de blootstelling aan magneetvelden gemaakt op basis van een visuele inspectie van de elektriciteitslijnen in de buurt van een woning.

Tabel 10 Overzicht van blootstelling, relatief risico (RR) en betrouwbaarheidsintervallen (BI) in de drie meta-analyses

auteurs en publicatiejaar	blootstellings-categorie	RR	BI	aantal onderzoeken
Gezondheidsraad, 2018 [8]	> 0,3-0,4 microtesla	1,62	[1,13-2,34]	12
Brabant et al., 2022 [26]	> 0,4 microtesla	1,37	[1,05-1,80]	12
Amoon et al., 2022 [25]	> 0,3-0,4 microtesla	1,45	[0,95-2,20]	20

8 Aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland

8.1 Aantallen woningen en kinderen

Voor de in hoofdstuk 4 aangegeven zones met verschillende magneetveldsterktes is eerst het aantal woningen binnen de zone bepaald. Vervolgens is met behulp van de in hoofdstuk 5 geschetste methode het aantal kinderen (0 tot 15 jaar) berekend. De resultaten zijn samengevat in Tabel 11.

Tabel 11 Overzicht van de aantallen woningen binnen de verschillende magneetveldzones van bovengrondse hoogspanningslijnen. De aantallen zijn afgerond op het dichtstbijzijnde vijfvoud.

zone	woningen	kinderen van 0 tot 15 jaar
0,5 microtesla	20.170	7.595
0,4 microtesla (magneetveldzone)	24.315	9.190
0,3 microtesla	30.510	11.525
0,2 microtesla	40.620	15.450

8.2 Extra leukemierisico

Op 1 januari 2023 woonden er in Nederland 2.727.377 kinderen van 0 tot 15 jaar ($N_{k_{Ned}}$). De basisincidentie voor leukemie bij deze kinderen is 141 nieuwe gevallen per jaar (B_i). Als er in een bepaalde deelzone (0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; > 0,5) een aantal kinderen ($N_{deelzone}$) woont en in die deelzone geldt een verhoogd relatief risico RR , dan is het aantal extra gevallen van kinderleukemie per jaar $N_{extra-leukemie}$ in die deelzone berekend met:

$$N_{extra-leukemie} = (RR - 1) * N_{deelzone} * \left(\frac{B_i}{N_{k_{Ned}}} \right)$$

Tot slot zijn de aantallen per deelzone gesommeerd tot het aantal extra gevallen van kinderleukemie. Met deze formule is voor de vier gepoolde analyses in Tabel 9 het aantal extra gevallen van kinderleukemie berekend. Dat is gebeurd op basis van het aantal kinderen in de verschillende zones in Tabel 11, onder de veronderstelling dat een mogelijk verhoogd risico op kinderleukemie wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Tabel 12 geeft de resultaten weer.

Tabel 12 Aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland per jaar op basis van de relatieve risico's uit de vier gepoolde analyses die tussen 2000 en 2022 zijn uitgevoerd. Onder de veronderstelling dat een verhoogd risico wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. De aantallen zijn afgerond op één decimaal.

auteurs en publicatiejaar	relatief risico (RR)	extra gevallen van kinderleukemie per jaar
Greenland et al., 2000 [22]	1,69 (> 0,3 microtesla)	0,4
Ahlbom et al., 2000 [23]	2,00 (> 0,4 microtesla)	0,5
Kheifets et al., 2010 [24]	1,46 (> 0,4 microtesla)	0,2
Amoon et al., 2022 [25]	1,01 (> 0,4 microtesla)	0,0

Dezelfde procedure is herhaald voor de drie meta-analyses in Tabel 10. Dit levert de in Tabel 13 aangegeven schattingen van het aantal extra gevallen van kinderleukemie, weer onder de veronderstelling dat een mogelijk verhoogd risico op kinderleukemie wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen.

Tabel 13 Aantal extra gevallen van kinderleukemie in Nederland per jaar op basis van de relatieve risico's uit de drie meta-analyses die recent zijn uitgevoerd. Onder de veronderstelling dat een verhoogd risico wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. De aantallen zijn afgerond op één decimaal.

auteurs en publicatiejaar	relatief risico (RR)	extra gevallen van kinderleukemie per jaar
GR, 2018 [8]	1,62 (> 0,3-0,4 microtesla)	0,3*
Brabant et al., 2022 [26]	1,37 (> 0,4 microtesla)	0,2
Amoon et al., 2022 [25]	1,45 (> 0,3-0,4 microtesla)	0,2*

*De Gezondheidsraad en Amoon et al. hanteren als blootstellingscategorie > 0,30,4 microtesla. De extra gevallen van kinderleukemie zijn in dit rapport apart berekend voor de 0,3 en de 0,4 microtesla zone en de uitkomsten gemiddeld.

De berekening in dit rapport geven aan dat elk jaar 0 tot 0,5 van de gevallen van kinderleukemie aan de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen kunnen worden toegeschreven (Tabel 12 en Tabel 13). Anders geformuleerd: elke twee jaar kan 0 tot maximaal 1 geval van kinderleukemie worden toegeschreven aan het wonen bij bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit onder de veronderstelling dat een verhoogd relatief risico wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen.

Als de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie wordt beperkt tot de twee gepoolde analyses uit 2000, is de schatting 0,4 tot

0,5 extra gevallen van kinderleukemie per jaar (Tabel 12). Deze schatting komt goed overeen met de schatting uit 2003 dat het om 0,4 tot 0,5 extra gevallen van kinderleukemie per jaar zou gaan die op dezelfde twee gepoolde analyses was gebaseerd. De geactualiseerde gegevens voor de bovengrondse hoogspanningslijnen, de zones met verschillende magneetveldsterktes, het aantal woningen, de woningbezetting en de basisincidentie van kinderleukemie heffen elkaar deels op en hebben blijkbaar een beperkte invloed op de uiteindelijke schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie.

De nieuwe schatting, waarin ook de recente gepoolde analyses zijn meegenomen, van 0 tot 0,5 extra gevallen van kinderleukemie per jaar verschilt van die uit 2003. De ondergrens van deze schatting is verschoven van 0,4 naar 0 extra gevallen van kinderleukemie per jaar. Dat is een direct gevolg van de gepoolde analyse van Amoon et al. uit 2022 waarin een relatief risico van 1,01 is gevonden. Dat betekent dat het ook mogelijk is dat de magneetvelden in de buurt van de bovengrondse hoogspanningslijnen niet tot extra gevallen van kinderleukemie leiden.

De schatting op basis van de drie meta-analyses resulteert in 0,2 tot 0,3 extra gevallen van kinderleukemie per jaar. Ook nog steeds onder de veronderstelling dat een verhoogd risico wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen. Deze schatting ligt binnen de range van de schattingen op basis van de gepoolde analyses.

De grootte van het relatieve risico bij blootstelling aan een bepaalde sterkte van het magneetveld heeft de grootste invloed op de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie. De schattingen van het relatieve risico voor de meest robuuste, geaggregeerde analyses lopen uiteen van een relatief risico van 1,01 (geen verhoogd risico) tot een statistisch significant verhoogd relatief risico van 2,0.

Er lijkt zich een trend in de tijd af te tekenen. In de gepoolde analyses neemt een statistisch significante verhoging van $RR=2,00$ in het jaar 2000, via een niet statistisch significante verhoging met $RR=1,46$ in 2010 af naar de afwezigheid van een verhoogd risico ($RR=1,01$) in 2022. Ook Brabant et al. [26] signaleren een afnemende trend in hun uitgebreide meta-analyse. Hun overall schatting voor de 21 onderzoeken over de gehele periode (inclusief de onderzoeken met afstand en 'wire code' als blootstellingsmaat) bedraagt $RR=1,26$ [1,06-1,49]. Brabant et al. splitsen de onderzoeken in die met publicatiedatum vóór 2000 (10 onderzoeken) en vanaf 2000 (11 onderzoeken). In de eerste groep is het relatieve risico $RR=1,51$ [1,26-1,80]. In de groep vanaf 2000 is het relatieve risico $RR=1,04$ [0,84-1,29]. In de eerste groep tekent het verhoogde relatieve risico zich duidelijk en statistisch significant af. In de tweede groep is geen sprake meer van een (statistisch significant) verhoogd relatief risico.

Een mogelijk afnemende trend in het relatieve risico is uitgebreid onderzocht door Swanson et al. in 2019 [27]. De trend van een afnemend relatief risico vanaf het midden van de jaren negentig tot nu wordt bevestigd in hun onderzoek. Maar in een statistische test voor een

lineaire trend was de daling niet statistisch significant. Swanson et al. geven aan dat de trend niet kan worden verklaard door betere kwaliteit van de recente onderzoeken of verandering in vertekening (selectiebias of participatiebias). Het waargenomen effect kan op een werkelijke afname in risico berusten of te wijten zijn aan toeval. Swanson et al. [27] bevelen nader onderzoek aan waar niet de publicatiedatum het criterium is, maar het geboortjaar van de kinderen in het originele onderzoek. Amoon et al. [18] hebben dat in hun onderzoek gedeeltelijk kunnen doen. De onderzoekspopulatie werd, op basis van het geboortjaar van de controles, ingedeeld in drie groepen, geboren in: 1953–1983, 1984–1994 of in 1995–2010. Zij vonden voor die groepen een afnemende trend in het relatieve risico: RR=1,54 (1953–1983), RR=1,20 (1984–1994) en RR=0,71 (1995–2010), maar de schatting is onnauwkeurig omdat het aantal kinderen met leukemie in de periode 1953–1983 laag is. Ook Amoon et al. hebben geen voor de hand liggende verklaring voor deze trend. Net als Swanson et al. denken zij niet dat kwaliteitsverschillen tussen de onderzoeken een verklaring bieden. Mogelijk kunnen factoren die niet zijn meegenomen zoals infecties, wegverkeer (benzeen), pesticiden of toeval de trend geheel of gedeeltelijk verklaren. Nader onderzoek naar deze factoren [28], [29] en [30] leverde tot nu toe geen verklaring voor het waargenomen afnemende risico op.

Het Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid stelt dat een afname van het risico in de tijd op basis van het onderzoek van Amoon et al. niet geconcludeerd kan worden [31]. Een van de redenen daarvoor is dat Amoon et al. zelf aangeven dat de verandering over de tijd die zij zien, onzeker is vanwege onder andere het kleine aantal kinderen met leukemie in de groep met de hoogste blootstelling aan magneetvelden van hoogspanningslijnen.

Op dit moment is het niet mogelijk te beoordelen of deze afname van het relatieve risico reëel is en welke schatting voor het relatieve risico de beste is. De gepoolde analyses zijn methodologisch het beste, maar zijn beperkt tot de onderzoeken die in een bepaald periode zijn gepubliceerd. Greenland et al. en Ahlbom et al. beperkten zich tot onderzoeken van voor 2000 (12 respectievelijk 9), Kheifets et al. analyseerden zeven onderzoeken gepubliceerd tussen 2000 en 2010 en Amoon et al. gingen uit van vier onderzoeken gepubliceerd in de periode 2010-2020. Daarmee vertegenwoordigen ze elk slechts een deel van het gepubliceerde onderzoek.

De meta-analyses zijn qua methode minder degelijk, maar nemen wel de kwalitatief goede onderzoeken over een langere periode mee. De Gezondheidsraad analyseerde 12 originele onderzoeken over de periode 1993-2017. Brabant et al. baseerden zich voor het magneetveld op 12 onderzoeken in de periode 1979-2021. Amoon et al. nemen in hun meta-analyse van de gepoolde analyses, indirect, 20 onderzoeken over de periode 1993 -2020 mee.

Omdat er op basis van de kwaliteit geen voorkeur voor een van de analyses is aan te geven, is het niet mogelijk het extra risico op leukemie nauwkeuriger in te schatten dan de aangegeven range van 0 tot maximaal 0,5 extra gevallen per jaar. Anders geformuleerd: elke

twee jaar kan 0 tot maximaal 1 geval van kinderleukemie worden toegeschreven aan bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit nog steeds onder de veronderstelling dat een verhoogd risico wordt veroorzaakt door de magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen, hetgeen niet is aangetoond.

9 Conclusie

Uit dit rapport blijkt dat de schatting van het relatieve risico bij blootstelling aan een bepaalde sterkte van het magneetveld de doorslaggevende factor is voor de schatting van het aantal extra gevallen van kinderleukemie in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen. Op dit moment is er onzekerheid over de grootte van dit relatieve risico en de ontwikkeling daarvan over de afgelopen 25 jaar. Mogelijk is er sprake van een afname van het relatieve risico. Uitgaande van de meest recente schatting is het ook mogelijk dat de magneetvelden in de buurt van de bovengrondse hoogspanningslijnen niet tot extra gevallen van kinderleukemie leiden.

De actuele schatting is nu dat 0 tot maximaal 0,5 kinderen elk jaar leukemie zouden kunnen krijgen door de aanwezigheid van een bovengrondse hoogspanningslijn. Of anders gezegd: elke twee jaar zou 0 tot maximaal 1 kind met leukemie kunnen worden toegeschreven aan wonen bij de bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit geldt overigens nog steeds onder de aanname van een oorzakelijk verband, hetgeen niet is aangetoond.

Bijlage 1 Rekenprogramma EFC-400

Herkomst

Het RIVM gebruikt voor het bepalen van de magneetveldzone volgens de handreiking het programma EFC-400. Dit programma is ontwikkeld door de Duitse Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie in Berlijn (FGEU mbH, <http://www.fgeu.de>). Het programma wordt op de markt gebracht door Narda Safety Test Solutions GmbH (<https://www.microtron.be/media/38fbe2e49c99eb4d40c20c5c038e6e39/efc-400-software.pdf>) en is uiteindelijk geleverd door Microtron, in Mechelen, België (<http://www.microtron.be/>).

Versie

De gebruikte versie van het programma is Version 2014, build 3142. RIVM beschikt over één licentie die via een 'dongel' op verschillende computers kan worden gebruikt.



Werkingsprincipe

EFC400 berekent de magnetische inductie van een geleiderconfiguratie door superpositie van de magneetveldbijdrage van alle geleidersegmenten. De bijdrage $d\vec{B}(t)$ van een geleidersegment met lengte $d\vec{l}$ waardoor een (tijdafhankelijke) stroom $I(t)$ loopt, wordt gegeven door de wet van Biot-Savart:

$$d\vec{B}(t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} I(t)$$

Iedere geleider wordt in segmenten verdeeld. Doorhang van de geleiders wordt gesimuleerd met een parabolische functie voor de segmenten. Als het aantal 'segmenten per object' op 1 wordt gezet, rekent EFC400 met een oneindig lange rechte geleider.

Instellingen

EFC400 biedt een groot aantal keuzemogelijkheden voor de eigenschappen van de hoogspanningslijn, de manier van rekenen en de presentatie van de resultaten. Voor een berekening volgens de handreiking wordt gewerkt met de volgende instellingen:

- er wordt gerekend met een geometrie van 1 vak en 25 segmenten per object;

- de hoogspanningslijn loopt in de x-richting;
- de plek van de grootste doorhang wordt in $x=0$ gelegd en de hoogte (z) wordt op 1 meter gezet;
- er wordt gekozen voor 'vector mode'; de y-waarden lopen (in $X=0$) van - 250m tot + 250m, met stappen van 1m;
- bliksemraden worden niet in de berekening meegenomen.
- als standaardinstelling (Extended) wordt de 'distance limit' op 500m gezet en de 'overlapp x xfactor' op 1;
- als standaardinstelling (Technical) wordt Voltage Type op 'system' gezet en de frequentie vast op 50 Hz;
- als standaardinstelling (Power T.L.) wordt gekozen voor een 'Tower to Earth Resistance' van 100.000 ohm.

Met deze instelling wordt de RMS-waarde van B berekend. Deze file wordt als ASCII (*.txt) geëxporteerd. De file bevat een rij y-coördinaten (van -250 tot 250 m) met voor elke y de waarde van de magneetveldsterkte op 1 meter hoogte:

y[m]	B[uT]
-250	0,037
-249	0,038
-248	0,038

Deze file wordt in Excel ingelezen en voor verdere analyse (bepaling zones met verschillende magneetveldsterktes, etc.) gebruikt.

Bijlage 2 Woningbezetting op postcode niveau

Het CBS heeft gegevens beschikbaar voor de woningbezetting op postcodeniveau, op PC4, PC5 en PC6. Het CBS kent uit privacyoverwegingen de code '-99997' ('0 - 4/ geheim') toe als er minder dan 5 personen of woningen in een klasse vallen. Anders kunnen de gegevens mogelijk herleid worden naar individuele personen. Hoe verfijnder de postcode, hoe vaker een code '-99997' wordt aangegeven, vooral voor de woningbezetting per postcode.

De volgende drie tabellen laten dat zien:

PC4

aantal PC4-records:	4.061	%
PC4-records bruikbaar voor analyse:	3.971	97,8
PC4-records niet bruikbaar voor analyse:	90	2,2

PC5

aantal PC5-records:	32.796	%
PC5-records bruikbaar voor analyse:	30.180	92,0
PC5-records niet bruikbaar voor analyse:	2.616	8,0

PC6

aantal PC6-records:	44.1440	%
PC6-records bruikbaar voor analyse:	21.3607	48,4
PC6-records niet bruikbaar voor analyse:	22.7833	51,6

Op PC4 niveau wordt voor 2,2 procent van de woningen een postcode-specifieke schatting gemist. Voor PC5 is dat al 8,0 procent en het loopt verder op naar 51,6 procent voor PC6.

Om het aantal kinderen per woning te kunnen schatten is per postcodegebied nodig: PC4, totaal aantal kinderen in PC4 gebied en het aantal woningen in het PC4 gebied. Als een of meer van deze grootheden code '-99997' heeft kan het aantal kinderen per woning niet precies worden berekend. Voor die PC4 gebieden wordt uitgegaan van het landelijk gemiddeld aantal kinderen per woning, gebaseerd op de CBS-gegevens voor 2023 (zie Tabel 6).

totaal alle leeftijden	17.811.291
totaal tot 15 jaar	2.727.377
totaal woningen	8.348.706
personen per woning	2,13
personen tot 15 jaar per woning	0,33

Bijlage 3 Items in 'bag adreslocaties 2023_01'

De in het bestand 'bag adreslocaties 2023_01' opgenomen gegevens met als voorbeeld die voor OBJECTID 2459584

OBJECTID	2459584
SHAPE	point
pht	3721DT19
identificatie	0310010000706235
objectstatus	Verblijfsobject in gebruik
objectoppervlakte	91
woonplaatsnaam	Bilthoven
openbareruimtenaam	Oude Brandenburgerweg
postcode	3721DT
pc4	3721
huisnummer	19
huisletter	
huisnummertoevoeging	
buurtcode	BU03100802
gebruiksdoel	woonfunctie
gebruiksdoelen	woo
pandstatus	Pand in gebruik
bouwjaar	1935
wtype	T
pc6gwonb	2,45000000000
bedrcnt	0
sbi2008	
wptot	0
wfull	0
xcoörd	141380
ycoörd	459457

Voor de analyse in dit rapport is de onderstaande selectie van deze gegevens gebruikt:

- *OBJECTID*
Unieke identifier, toegewezen door ArcGIS
- *openbareruimtenaam*
De openbareruimtenaam van een verblijfsobject is in 99,9 procent van de gevallen een straatnaam. In 0,01 procent van de gevallen is dit water, spoorbaan, terrein of iets dergelijks. In 2023 ging het om nog geen 7.500 adreslocaties.
- *huisnummer*
Het huisnummer (getal) van de adreslocatie van het verblijfsobject.

- *huisletter*
De huisletter (kleine of hoofdletter) van de adreslocatie van het verblijfsobject.
- *huisnummertoevoeging*
De huisnummertoevoeging van de adreslocatie. Dat kan een letter, een getal of een combinatie van de twee zijn.
- *woonplaatsnaam*
De naam van de woonplaats waar het adres zich bevindt.
- *postcode*
De zescijferige postcode, opgebouwd uit 4 cijfers en 2 letters, van de adreslocatie van het verblijfsobject.
- *pc4*
De viercijferige postcode (vier letters) van de adreslocatie van het verblijfsobject.
- *gebruiksdoel*
Een verblijfsobject kan meer dan één gebruiksdoelen hebben. Als gebruiksdoel wordt dan het eerste gebruiksdoel uit een lijst met een vaste volgorde toegekend. Die lijst is: woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, logiesfunctie, bijeenkomstfunctie, celfunctie (gevangenis), industrie functie, kantoorfunctie, onderwijsfunctie, sportfunctie, winkelfunctie, overige gebruiksfunctie. Voor een verblijfsobject waarvoor een van de gebruiksdoelen de woonfunctie is, krijgt de adreslocatie als gebruiksdoel de woonfunctie. Als een verblijfsobject een bijeenkomstfunctie heeft en niet ook nog een woon-, gezondheidszorg-, of logiesfunctie, dan krijgt de adreslocatie het gebruiksdoel bijeenkomstfunctie.
- *xcoord*
x-coördinaat van de adreslocatie (in meters in coördinatensysteem RD_New). De waardes liggen tussen 0 en 280000 meter.
- *ycoord*
y-coördinaat van de adreslocatie (in meters in coördinatensysteem RD_New). De waardes liggen tussen 300000 en 625000 meter.

Referenties

- 1 Wertheimer N. and Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1979; 109(3):273-84.
- 2 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Non-ionizing radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields; Vol. 80, June 2001.
- 3 Gezondheidsraad. Extreem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid. Den Haag, Gezondheidsraad, 1992; publicatienr. 1992/07.
- 4 Gezondheidsraad. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag, Gezondheidsraad, 2000; publicatienr. 2000/06,
<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2000/03/07/blootstelling-aan-elektromagnetische-velden-0-hz-10-mhz>.
- 5 Gezondheidsraad. Briefadvies Hoogspanningslijnen. Den Haag, Gezondheidsraad, 2007; publicatienr. 2007/25.
- 6 Gezondheidsraad. Briefadvies Hoogspanningslijnen. Den Haag, Gezondheidsraad, 2008; publicatienr. 2008/04,
<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2008/02/21/hoogspanningslijnen>.
- 7 Gezondheidsraad. Childhood leukaemia and environmental factors. Den Haag, Gezondheidsraad, 2008; publicatienr. 2012/33
<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2012/12/06/childhood-leukaemia-and-environmental-factors>.
- 8 Gezondheidsraad. Hoogspanningslijnen en gezondheid. Deeladvies 1. Kanker bij kinderen. Den Haag, Gezondheidsraad, 2018; publicatienr. 2018/08,
<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/04/18/hoogspanningslijnen-en-gezondheid-deel-i-kanker-bij-kinderen>).
- 9 Advies (en bijlage) met betrekking tot hoogspanningslijnen van staatssecretaris Van Geel van VROM, gedateerd 3 oktober 2005, kenmerk: SAS/2005183118,
<https://www.rivm.nl/documenten/beleidsadvies-vrom-2005-pdf-361-kb-1>.
- 10 Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van minister Jacqueline Cramer van VROM, gedateerd 4 november 2008, kenmerk: DGM\2008105664,
<https://www.rivm.nl/documenten/verduidelijking-beleidsadvies-vrom-2008-pdf-098-mb-1>.
- 11 Informatiebrief herijking voorzorgbeleid van minister Jetten voor Klimaat en Energie, gedateerd 21 april 2023 kenmerk: GKE_DRE/26746813,
<https://www.rivm.nl/documenten/informatiebrief-herijking-voorzorgbeleid-21-april-2023>.
- 12 WHO Environmental health criteria 238 Extremely low frequency fields, World Health Organization, Geneva, 2007; ISBN 978 92 4 157238 5 © World Health Organization 2007,
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241572385>.

- 13 Van der Plas M., Houthuijs D.J.M., Dusseldorp A., Pennders R.M.J. en Pruppers M.J.M. Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM-rapport 610050007. RIVM, Bilthoven, 2001.
- 14 Pruppers, M.J.M. Blootstelling aan extreem laag frequente elektromagnetische velden van hoogspanningslijnen - Herberekening naar aanleiding van het KEMA/RIVM-onderzoek naar de kosten en baten van maatregelen ter beperking van magnetische velden bij hoogspanningslijnen. RIVM-briefrapport 032/2003, RIVM, Bilthoven, 2003.
- 15 Kelfkens G., Pennders R.M.J., Pruppers M.J.M. Plannen voor nieuwbouwwoningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen. RIVM-rapport 610150004, RIVM, Bilthoven, 2003.
- 16 Handreiking voor het berekenen van de magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers. [Versie 5.0, 21 april 2023](#), RIVM, Bilthoven. © RIVM 2023.
- 17 Kelfkens G., Pruppers M.J.M. Verkenning jaargemiddelde belasting van bovengrondse hoogspanningslijnen in 2011 en 2013. RIVM-rapport 2015-0187, december 2015
<https://www.rivm.nl/publicaties/verkenning-jaargemiddelde-belasting-van-bovengrondse-hoogspanningslijnen-in-2011-en->
- 18 Stuurman C.S. en Van Wolven J.F. Kostenanalyse van de technische maatregelen ter beperking magnetische velden nabij bovengrondse hoogspanningslijnen (vooronderzoek), Deel 1: samenvatting. KEMA T&D consulting-rapport nr. 40130074-TDC 02-25766A, oktober 2002.
- 19 Kelfkens G., Pennders R.M.J., Pruppers M.J.M. Woningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland. RIVM-rapport 610150001, RIVM, Bilthoven, 2003.
- 20 CBS Statline, 'Bevolking; geslacht, leeftijd en viercijferige postcode, 1 januari', gegevens voor 1 januari 2023, geraadpleegd op 8 mei 2024,
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83502NED/table?search=Keywords=leeftijd%20postcode>
- 21 Leer, E.M. van, F.J. Cleton en F.E. van Leeuwen, Eindredactie. Signaleringsrapport Kanker 1999. Amsterdam: Signaleringscommissie Kanker. Nederlandse Kankerbestrijding/KWF.
- 22 Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.T., Poole C, Kelsh M.A. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 2000; 11(6):624-34.
- 23 Ahlbom A., Day N., Feychting M. et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 2000; 83(5):692-8.
- 24 Kheifets, L., Ahlbom, A., Crespi, C.M., Draper, G., Hagihara, J., Lowenthal, R.M., Wunsch Filho, V., 2010. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Canc.* 103 (7), 1128–1135.
- 25 Amoon, Aryana T., John Swanson, Corrado Magnan, Christoffer Johansen, Leeka Kheifets, 2022. Pooled analysis of recent studies of magnetic fields and childhood leukemia. *Environmental Research* 204 (2022) 111993, 1-7.

- 26 Brabant, Christiaan, Anton Geerinck, Charlotte Beudart, Ezio Tirelli, Christophe Geuzaine, Olivier Bruyère, 2022. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies. *Rev Environ Health* 2022 Mar 15;38(2):229-253. doi: 10.1515/reveh-2021-0112.
- 27 Swanson J., Kheifets L., Vergara X.. Changes over time in the reported risk for childhood leukaemia and magnetic fields. *J. Radiol Prot* 2019;39:470–88.
- 28 Amoon A.T., Crespi C., Nguyen A., Zhao X., Vergara X., Arah O.A., Kheifets L. The role of dwelling type when estimating the effect of magnetic fields on childhood leukemia in the California Power Line Study (CAPS). *Cancer Causes & Control* (2020) 31:559–567.
- 29 Nguyen A., Crespi C.M., Vergara X., Chun N, Kheifets L. Residential proximity to plant nurseries and risk of childhood leukemia. *Environmental Research* 200 (2021) 111388.
- 30 Nguyen A., Crespi C.M., Vergara X., Kheifets L. Pesticides as a potential independent childhood leukemia risk factor and as a potential confounder for electromagnetic fields exposure. *Environmental Research* 238 (2023) 116899.
- 31 Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid, Nieuwe analyse van de samenhang tussen magneetvelden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen: risico verdwenen? Eerste indruk, 11 november 2021, <https://www.kennisplatform.nl/nieuwe-analyse-magneetvelden-leukemie/>

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

februari 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag